Сузана Диневска Ќовкаровска
Биљана Миова
Соња Гаџовска Симиќ
Катерина Русевска
Руска Мицева



БИОЛОГИЈА

УЧЕБНИК ЗА II ГОДИНА

средно стручно четиригодишно образование

БИОЛОГИЈА

УЧЕБНИК ЗА II ГОДИНА

средно стручно четиригодишно образование

БИОЛОГИЈА

Учебник за II година средно стручно четиригодишно образование

Автори:
Сузана Диневска Ќовкаровска,
Билјана Миова,
Соња Гаџовска Симиќ,
Катерина Русевска,
Руска Мицева.

Рецензенти:
Митко Младенов,
Славица Караникиќ,
Рефика Селмановиќ.

Лектор:
Бисерка Токовска Стевчевска

Стручна поддршка:
Оливер Тушевски,
Елена Рафаиловска,

Уредници:
Сузана Диневска Ќовкаровска,
Елена Рафаиловска.

Илустрации и графички дизајн:
Наталиа Ацеска
ВалериаАтанасовска
Катерина Ристовска
Ана Митреска

Стручна редакција:
Ицко Ѓоргоски

Графичко и техничко уредување:
Владанка Колева, Евгенија Павлова - АРС СТУДИО

Место и година на издавање: Скопје,2022

Издавач:
Министерство за образование и наука на Република Северна Македонија, ул.„Св. Кирил и Методиј“ бр.54, 1000 Скопје. Со одлука за одобрување на учебникот по предметот Биологија за средно стручно четиригодишно образование, 11 год., струка Здравствена/Здравство и социјална заштита, Земјоделска-ветеринарна/Земјоделство, рибарство и ветеринарство, Хемиско-технолошка/Хемија и технологија, Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво, бр. 26-549 /1 од 19.08.2022 донесена од Националната комисија за учебници.

CIP:

ЦИП каталогизација во публикација на Народната и универзитетска библиотека „Св. Климент Охридски" - Скопје
{пополнува министерството)

Предговор

Пред вас е учебникот по Биологија за втора година од средно стручно образование, кој е подготвен според програмата од Бирото за развој на образованието при Министерството за образование и наука на Република Северна Македонија.

Согласно програмата за изучување на предметот биологија, учебникот содржи десет теми од кои осум теми се однесуваат на функцијата на органските системи кај човекот, а две теми на функцијата на растителните ткива и органи. Освен основната содржина, учебникот нуди и куса содржина на темата и проверка на знаењето. Имајќи предвид дека со богато визуелно прикажување полесно се совладуваат предвидените теми, текстот во учебникот е проследен со релативно голем број илустрации, слики, шеми и табели.

Овој учебник нуди можност за диференцирано стекнување на знаење. Освен елементарното, базичното знаење, за оние што ќе сакаат да научат повеќе се дава можност и за проширено, продлабочено знаење. Се обидовме на популарен и забавен начин да понудиме можност учениците да стекнат различни степени на знаење, а професорите може да најдат сугестии за организирање на часовите. Исто така, се обидовме предвидените биолошки теми да ги претставиме на јасен, разбирлив и применлив начин.

Драги ученици, се надеваме дека со овој учебник, учењето и совладувањето на материјалот ќе ви претставува задоволство, а сето она што ќе го научите од него, ќе биде применливо и трајно знаење.

Ви посакуваме успех!

Содржина

01 ТЕМА - Нивоа на биолошка организација

Нивоа на биолошка организација 10
Хомеостаза 18

02 ТЕМА - Дигестивен систем

Физиолошка улога на храната 25
Карактеристики на основните компоненти на храната 27
Макронутритиенти 27
Микронутритиенти - минерали и вода 29
ЕНЕРГЕТСКА ВРЕДНОСТ НА ХРАНЛИВИТЕ МАТЕРИИ 33
Карактеристики на балансирана исхрана 33
Енергетска вредност на храна 35
Ензими и ензимски реакции 36
Ензим - супстрат комплекс 37
Динамичка рамнотежа 39
ДИГЕСТИВЕН СИСТЕМ 40
Усна празнина 42
Функција на усната празнина во дигестијата на храната 45
Голтник и хранопровод 46
Желудник 47
Функција на желудникот во дигестијата на храната 48
Компоненти на желудочен сок и нивна функција 48
Тенко црево 49
Функција на тенкото црево во дигестијата на храната 51
Дебело црево 53
Функција на дебелото црево во дигестијата на храната 53
ДОПОЛНИТЕЛНИ ОРГАНИ НА ДИГЕСТИВНИОТ СИСТЕМ 55
Панкреас 55
Црн дроб 56
Ресорпција на храната по должината на системот за дигестија 58

03 ТЕМА - Крвоносен систем

КРВ 64
Формативни елементи 65
Крвна плазма 70
Крвни групи, трансфузија, Rh-фактор 72
КРВНИ САДОВИ 74
Градба и функција на крвните садови 74
КРВОТОК 76
Телесен (голем) крвоток 76
Белодробен (мал) крвоток 78
Движење на крвта низ крвните садови 79
ЛИМФЕН СИСТЕМ 80
Лимфни садови и лимфоидни органи 81
СРЦЕ - ГРАДБА И ФИЗИОЛОГИЈА 83
Срцев автоматизам и срцев циклус 85
Регистрација на биоелектричните промени во срцето 86
ИМУНИТЕТ 87
Природен и вештачки имунитет 89

04 ТЕМА - Респираторен систем

ГРАДБА НА СИСТЕМОТ ЗА РЕСПИРАЦИЈА 94
Спроводни дишни патишта 95
БЕЛОДРОБНА ВЕНТИЛАЦИЈА 99
МЕХАНИЗАМ НА ДИШЕЊЕ 100
РАЗМЕНА НА ГАСОВИ (ДИФУЗИЈА НА ГАСОВИ) 102
Транспорт на кислородот и јаглерод диоксидот преку крвта 104
Регулација на дишењето 107

05 ТЕМА - Екскреторен систем

ЕКСКРЕТОРЕН СИСТЕМ 114
Градба на екскреторниот систем 114
Градба и структура на бубрези 115
МЕХАНИЗАМ НА СОЗДАВАЊЕ УРИНА 118
Филтрација 118
Реапсорпција 119
Секреција 119
Елиминација на уринатa 120
Состав на урина 120
Регулација на бубрежната работа 122
Регулација на водната хомеостаза 122
Регулација на јонската хомеостаза 123
Регулација на излачување урина 124
КОЖЕН СИСТЕМ 125
Градба на кожниот систем 125
Жлезди на кожата 126
Рожни творби на кожата 127
Функција на кожата 128
Заштитна улога на кожата 128
Сетилна функција 128
Терморегулација 128
Синтеза на витамин D 129
ВИДОВИ НА ЗАВИСНОСТ 130
Алкохолизам 131
Зависност од тутун 133
Зависност од наркотици (наркоманија) 134
Апстиненцијална криза 136
Допинг 137

06 ТЕМА - Локомоторен систем

СКЕЛЕТЕН СИСТЕМ 142
Скелетни органи - коски 143
Коскено ткиво 143
Морфологија на коските 145
Типови на коски 146
Поврзување на коските 147
Градба на синовијален зглоб 148
Градба на скелет 150
МУСКУЛЕН СИСТЕМ 152
Градба и функција на мускулните ткива 152
Морфолошки карактеристики и градба на скелетни мускули 154
Координирана работа на мускулни групи 157
Мускулна контракција 158
Типови на мускулна контракција 159
Мускулен замор 159

07 ТЕМА - Репродуктивен систем

БЕСПОЛОВО (АСЕКСУАЛНО) РАЗМНОЖУВАЊЕ 163
Вегетативно размножување 166
Размножување со спори 166
ПОЛОВО РАЗМНОЖУВАЊЕ 167
Гаметогенеза 167
Машки репродуктивен систем кај човекот 168
Сперматогенеза 170
Патот на сперматозоидите низ машкиот организам 172
МАШКИ ПОЛОВИ ХОРМОНИ 173
ЖЕНСКИ РЕПРОДУКТИВЕН СИСТЕМ 175
МЕСЕЧЕН (ОВАРИЈАЛЕН) ЦИКЛУС КАЈ ЖЕНАТА 177
Промени во јајчниците и во матката 177
Создавање на јајце - клетка 178
ОПЛОДУВАЊЕ И ВГНЕЗДУВАЊЕ (ИМПЛАНТАЦИЈА) 180
БРЕМЕНОСТ 183
Женски полови хормони 184
Улога на хипофизата во регулација на ендокрината функција на овариумите 186
ПЛАНИРАЊЕ НА СЕМЕЈСТВОТО 188
Заштита без користење заштитни средства 188
Механичка заштита 189
Хемиска заштита 189
Биолошко - хормонска заштита 189
Вештачки стерилитет 189
Методи на in vitro оплодување 190

08 ТЕМА - Координација и реакции

НЕРВЕН СИСТЕМ 196
Поделба на нервниот систем 196
Градба и функција на неврон 199
Типови неврони 201
Спроведување импулси и создавање на акциски потенцијал 202
Синапса - врска меѓу два неврона 204
Функционирање на нервниот систем 205
РЕЦЕПТОРИ 206
Сетило за слух 206
Сетило за вид 208
Сетило за мирис и вкус 209
МОТОРНА ЕДИНИЦА 212
ЦЕНТРАЛЕН НЕРВЕН СИСТЕМ 213
РЕФЛЕКСИ 216
Рефлексен лак 217
Рефлексни реакции 217
ЕНДОКРИН СИСТЕМ 218
Хормони 219
Ендокрини клетки,ткива и органи 221
ПОВРЗАНОСТ НА НЕРВНИОТ И ЕНДОКРИНИОТ СИСТЕМ 222
Хипофиза 222
ЕНДОКРИНИ ЖЛЕЗДИ 224
ТЕРМОРЕГУЛАЦИЈА КАКО ХОМЕОСТАТСКИ МЕХАНИЗАМ 228
Механизам на хомеостаза 228
Процеси на терморегулација 229
Физичка терморегулација 229
Хемиска терморегулација 231
Улога на нервниот систем во терморегулацијата 233

09 ТЕМА - Морфологија и физиологија на растенија

ВЕГЕТАТИВНИ И РЕПРОДУКТИВНИ ОРГАНИ КАЈ РАСТЕНИЈАТА 237
ВЕГЕТАТИВНИ ОРГАНИ 237
Корен 238
Морфолошка градба на корен 238
Примарна анатомска градба на корен 239
Секундарна анатомска градба на корен 241
Стебло 242
Морфолошка градба на стебло 242
Примарна анатомска градба на стебло 243
Секундарна анатомска градба на стебло 248
Лист 250
Морфолошка градба на листот 250
Нерватура на листот 250
Видови на листови 251
Анатомска градба на лист 251
РЕПРОДУКТИВНИ (ГЕНЕРАТИВНИ) ОРГАНИ 253
Цвет 253
Заштитни цветни елементи 253
Репродуктивни цветни елементи 254
Морфолошка градба на прашник 254
Формирање на машки гамети (микроспорогенеза) 254
Морфолошка градба на плодник 255
Формирање на женски гамети (макроспорогенеза) 256
Опрашување и оплодување 257
Видови цветови 258
Плод 258
Морфолошка градба на плод 258
Видови плодови 259
Семе 260
Морфолошка градба на семето 260
Расејување на плодови и семиња 261
ФОТОСИНТЕЗА 262
Хлоропласти 262
Механизам на фотосинтеза 264
Светла фаза на фотосинтеза 264
Темна фаза на фотосинтеза 266
Фактори кои влијаат врз процесот на фотосинтеза 267
ТРАНСПОРТ НА ВОДА И МИНЕРАЛНИИ МАТЕРИИ КАЈ РАСТЕНИЈАТА 268
Апсорпција и транспорт на вода преку коренов систем 268
Оддавање вода преку стомите на листовите (транспирација) 269
Надворешни фактори кои влијаат врз отворање и затворање на стомите 271
ТРОПИЗМИ 272

10 ТЕМА - Биотехнологија и генетски инженеринг

Биотехнолошки процеси 279
Главни фази на биотехнолошки процеси 280
ГЕНЕТСКИ ИНЖЕНЕРИНГ 282
Рекомбинантна ДНК - технологија (молекуларна биотехнологија) 283
Трансфер на гени во бактериска клетка 285
Примена на трансформирани бактериски клетки во производство на лекови 285
Трансфер на гени во растителна клетка 287
Генетски модифицирани растенија со подобар квалитет 288
Генетски модифицирани растенија отпорни на инсектициди 288
Генетски модифицирани растенија отпорни на хербициди 289
Трансфер на гени во животински клетки 289



1 Ниво на организација на живите организми

Во ова поглавје ќе учите за

Нивоа на биолошка организација

- Поделба на 4-те основни типа на ткива
- Распоред на органите во телесните празнини
- Органски системи
- Поделба на телесните течности

Хомеостаза

- Негативната повратна врска
- Позитивната повратна врска

Пред да започнете да ги проучувате различните структури и функции на човековото тело, корисно е да се запознаете со неговите основни делови и компоненти, нивната организација и подреденост во зависност од комплексноста (сложеноста) на процесите што се одвиваат во еден жив организам. Во ова поглавје ќе се запознаете со нивоа на организација (структурна и функционална), започнувајќи од најмалите делови (субатомски честички, атоми, молекули, соединенија) како се организираат на повисоки нивоа - органели, клетки, ткива, органи, органски системи, организми, па сè до највисокото ниво – *биосфера*.

НИВОА НА БИОЛОШКА ОРГАНИЗАЦИЈА

Сите живи организми имаат неколку клучни карактеристики или функции: исхрана, продукција и искористување енергија, растење, отстранување (излачување) на непотребни материи, размножување, чувствителност или одговор на околината и одржување хомеостаза. Овие каратеристики, земени заедно, служат за дефинирање на животот.

Во зависност од структурата и сложеноста на овие процеси, тие се подредени во седум нивоа на физичка и физиолошка оргнизација. Нивоата се хиерархиски подредени на следниов начин [слика 1.1]:

1. **атоми, молекули (соединенија),**
2. **клеточни органели,**
3. **клетки,**
4. **ткива,**
5. **органи,**
6. **органски систем (систем на органи),**
7. **организам**.

Во оваа физичка и физиолошка организација се започнува со најмалите структурни компоненти на живите системи – **атомите** кои влегуваат во состав на **молекулите**, кои ги градат неорганските и органските соединенија (прво ниво).

Соединенијата пак, влегуваат во состав на **клеточните органели** (второ ниво) во кои се одвиваат и регулираат метаболичките процеси во функција на одржување на животните процеси на самата клетка.

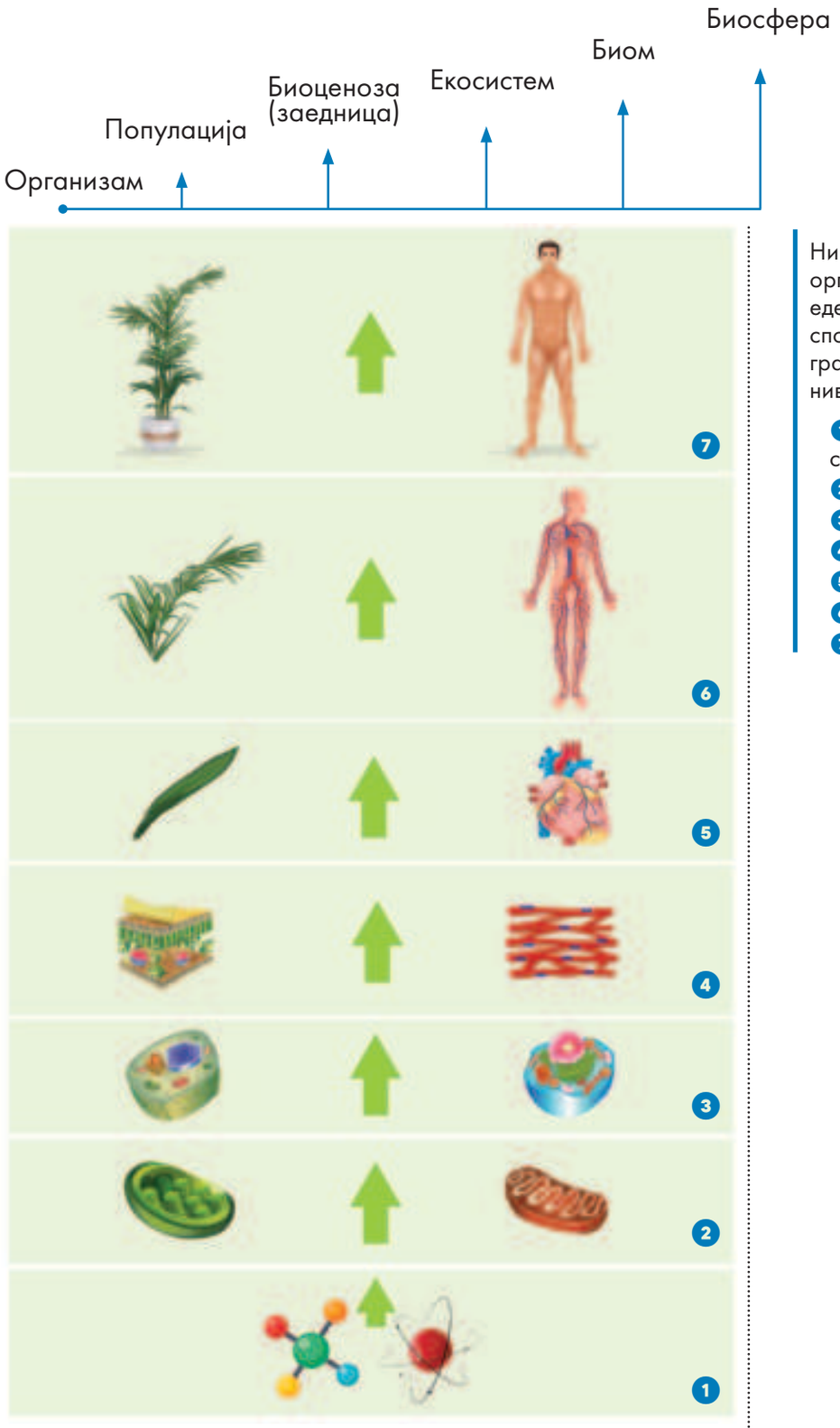
Клетка претставува основна градбена и функционална единица во еден организам.

Во **клетката**, како најмал жив биолошки систем, се одвиваат сите метаболички активности (трето ниво). Токму затоа ова ниво (клетка) е наједноставно ниво на организација во кое се одвиваат сите животни функции.

Ткивата се изградени од повеќе клетки со иста функција.

Во зависност од функцијата која ја извршуваат, клетките се групирани, организирани и интегрирани во **ткива**, што претставува повисоко (четврто) ниво на организација.





Слика 1.1 →
Нивоа на биолошка организација (од молекул до биосфера).

Нивоата на структурна организација (слика 1.1) на еден организам се подредени според комплексноста во градбата и функцијата на 7 нивоа:

1. атом, молекул и соединение,
2. органела,
3. клетка,
4. ткиво,
5. орган,
6. органски систем и
7. организам.

Основни **типови ткива** кои се присутни во човековиот организам се:
- покровно (епително),
- потпорно (сврзно),
- мускулно и
- нервно ткиво.

Група клетки кои имаат исто потекло и структура, специјализирани за извршување на иста функција сочинуваат ткиво. Во човековиот организам има четири типа ткива [слика 1.2 и табела 1.1] Тоа се:

Епителното ткиво има покровно - заштитна улога.

1. **Покровно-заштитното (епително) ткиво** е изградено од густо поредени и меѓусебе цврсто поврзани клетки, околу кои има многу малку меѓуклеточна течност. Епителното ткиво ја покрива површината на телото и сите празнини (слободни површини) во внатрешноста на телото. Тоа ткиво е присутно и во структурата на жлездите (егзокрините и ендокрините жлезди). Поради разновидноста на клетките што учествуваат во изградбата, според функцијата и структурата, епителното ткиво, има дополнителна поделба.

Потпорно - сврзни ткива се коскеното, ‘рскавично масното ткиво и крвта.

2. **Потпорно-сврзно (соединително) ткиво**. Како што произлегува и од називот, главната улога на ова ткиво е да дава потпора на органите во телото и да ги поврзува клетките, ткивата и органите (пр. тетивата го поврзува мускулот со коската, масното ткиво - кожата со мускулите). Според функцијата и структурата, дел од сврзните ткива имаат потпорна улога (пр. коските и ‘рскавиците), а други се специјализирани за специфични функции во телото (пр. крвта за транспорт на материи).

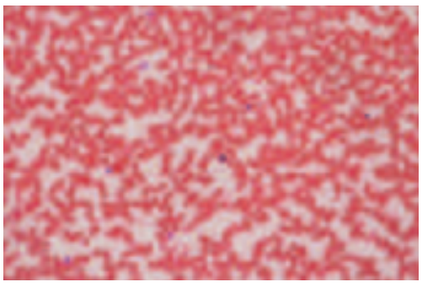
3. **Мускулно ткиво** се изградени од специјализирани клетки (миоцити) кои имаат способност за контракција, односно способност хемиската енергија да ја трансформираат во механичка работа. Мускулните клетки здружени со сврзното ткиво кое ги опкружува, крвните садови и нервите, сочинуваат повисока функционална единица – мускул. Мускулното ткиво се дели на три типа: мазно мускулно ткиво, напречно-пругасто (скелетно) ткиво и срцево мускулно ткиво.

4. **Нервното ткиво** учествува во изградба на нервниот систем (централен и периферен нервен систем). Изградено е од два типа клетки: нервни клетки (неврони) и потпорни клетки (глија-клетки). Ова ткиво е специјализирано да прима дразби од надворешната средина или од внатрешноста на организмот. Применените дразби, нервното ткиво ги обработува и согласно тие информации ова ткиво учествува во контрола, регулација и координација на функциите на органските системи и организмот во целина и истовремено овозможува брз одговор на надворешните влијанија.





Сврзно ткиво





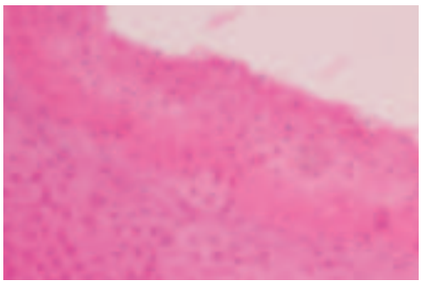
Мускулно ткиво

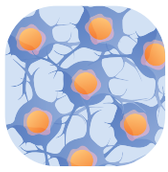


Во **мускулни ткива** спаѓаат: мазното мускулно ткиво, напречно - пругастото и срцевиот мускул.

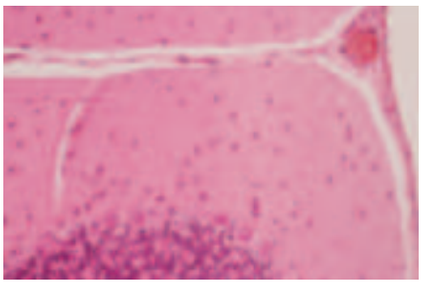


Епително ткиво





Нервно ткиво



Невроните и глија - клетки учествуваат во градбата на **нервното ткиво**.

Слика 1.2 →
Основни типови ткива.

Табела 1.1 - Поделба на 4 основни типа ткива.

Тип на ткиво	Функција	Пример
1. Епително ткиво	- Покривна	Кожа, слузница, празнини на внатрешни органи
	- Ресорптивна	Епител на тенко црево
	- Секреторна и екскреторна	Епителни клетки на жлезди
	- Сензорна	Невроепител
	- Контрактилна	Миоепителни клетки
2. Сврзно ткиво	- Потпорна	Коскено и 'рскавично ткиво
	- Заштитна	Масно ткиво
	- Трофичка	Крв и лимфа
3. Мускулно ткиво	- Контрактилност	Напречно-пругасто, мазно и срцево мускулно ткиво
	- Движење (локомоција)	Напречно-пругасто
4. Нервно ткиво	- Примање и спроведување дразби (надразливост и спроводливост)	Сите типови на нервни клетки
	- Трофичка, потпорна и заштитна улога	Глија-клетки

Орган претставува структура од повеќе ткива кои извршуваат иста функција.

Две или повеќе ткива кои меѓусебно се поврзани и вклучени во извршување на иста функција формираат **орган** (петто ниво). Органите, иако се изградени од ограничен сет на типови клетки и ткива се високо специјализирани и сложени. Сепак, и покрај тоа што различни органи имаат различни функции, тие споделуваат многу својства, токму поради ограниченият број на ткива од кои се изградени. Дополнително, секој орган има специфична форма и положба во организмот. Така, внатрешните органи се сместени во празнини на предниот и задниот дел на телото. Во предниот дел на телото се сместени органите во градната (торакална), стомачната (абдоминална) и карличната (пелвична) празнина. Во празнините на задниот дел од телото се сместени мозокот (во черепната празнина) и 'рбетниот мозок (во празнината на 'рбетниот канал).



Табела 1.2 - Распоред на внатрешните органи во телесните празнини во предниот (а) и задниот дел (б) од телото:

а)

Празнини во преден дел од телото	Внатрешни органи						
Градна (торакална) празнина	Бели дробови	Срце	Градна жлезда	Хранопровод	Дишник	Главни крвни садови	
Стомачна (абдоминална) празнина	Желудник	Тенко црево	Дебело црево	Црн дроб	Жолчка	Слезена	Панкреас
Карлична (пелвична) празнина	Репродуктивни органи	Право црево	Бубрези	Мочовод	Мочен меур		

б)

Празнини во заден дел од телото	
Черепна празнина	Черепни мозоци
Празнина на рбетен столб	'Рбетен мозок

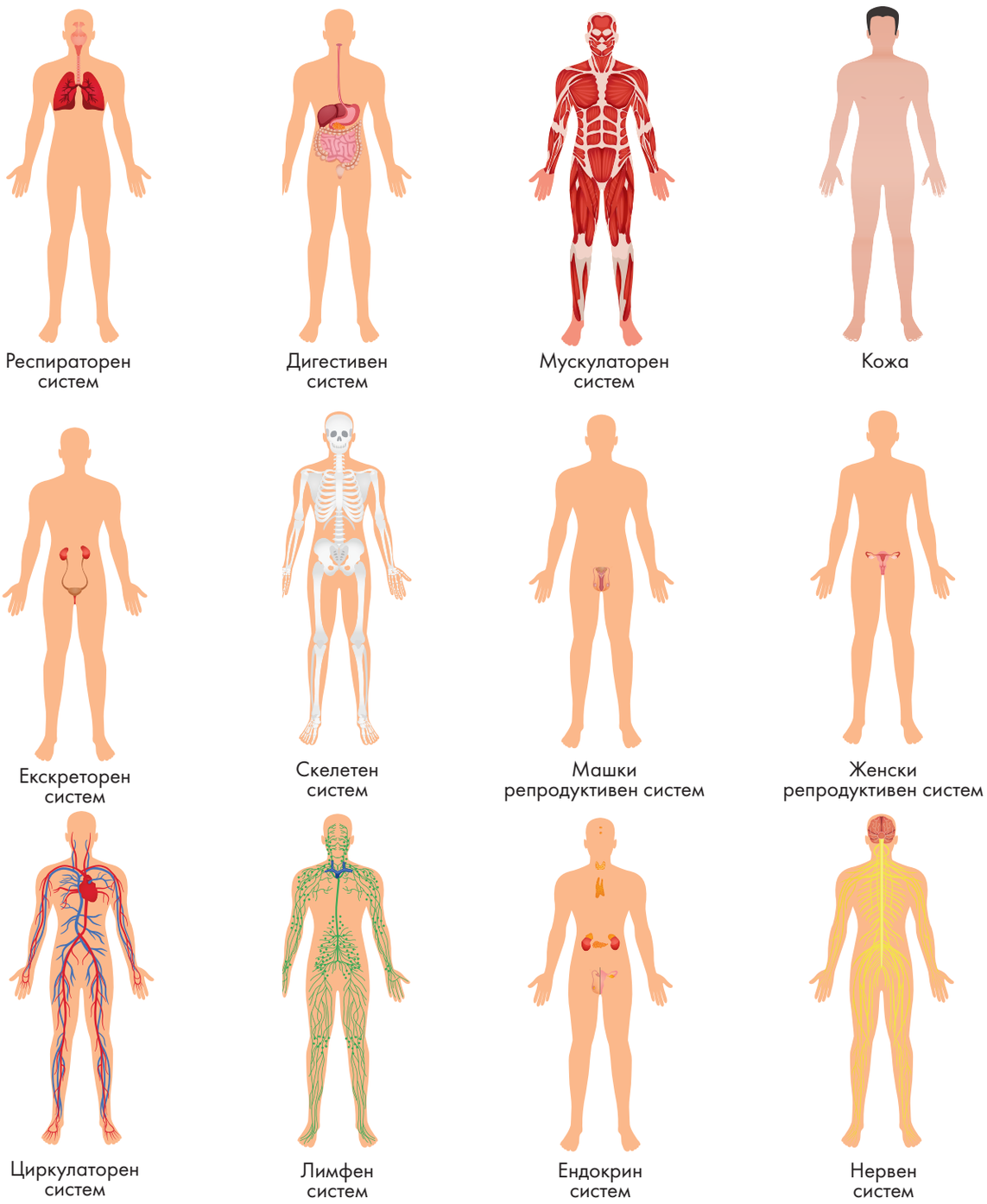
Кога два или повеќе органи меѓусебно анатомски и функционално се организирани и поврзани, сочинуваат повисоко ниво на организација - **органски систем** (шесто ниво) [слика 1.3].

Морфолошката и функционалната поврзаност на органските системи се обединуваат и сочинуваат една целовитост – **организам** (седмо ниво). Организам е највисокото ниво на интеграција на живиот систем. Бидејќи телото на човекот како биолошки систем е со најкомплексна структура и функција, неопходно е синхронизирано функционирање на сите органски системи [слика 1.4]. Синхронизираната работа на сите органски системи е контролирана и регулирана од **нервниот** и **ендокриниот систем**. Овие два система иако се разликуваат според својата градба и функција (**тема 8**) , во извршувањето на своите функции, тие взаемно се поврзани и координирани. Овие два регулаторни система придонесуваат за одржување на стабилна внатрешна средина, за што ќе стане збор понатаму во оваа тема.

Органски систем претставува група на органи кои се поврзани анатомски и функционално.

Организам е највисокото ниво на морфолошка и функционална поврзаност на органските системи.

Нервниот и **ендокриниот систем** ја контролираат и регулираат работата на сите органски системи.



Слика 1.3 →
Органски системи кај човекот.

Сите течности надвор од клетката се нарекуваат **екстрацелуларна течност**.

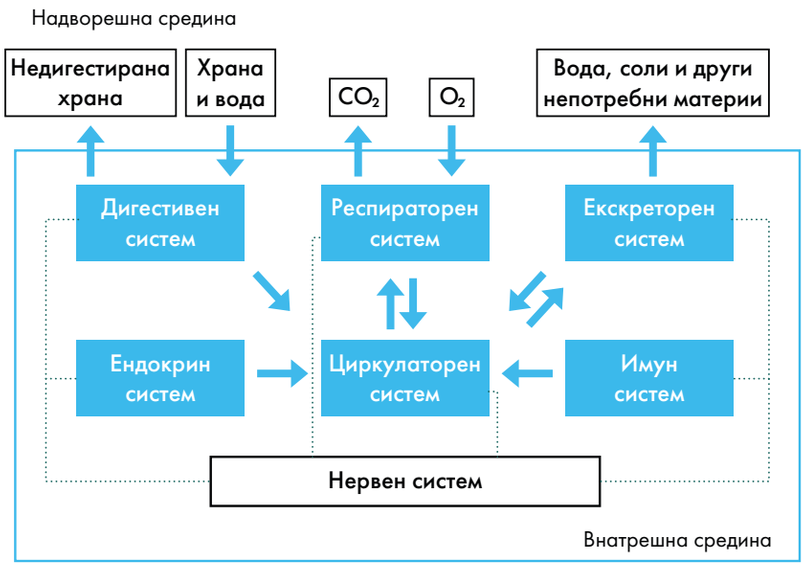
Поврзувањето на функциите и усогласувањето на процесите што се одвиваат во клетките од одделните ткива, органи и органски системи се остварува преку **екстрацелуларната** (вонклеточната) течност [слика 1.5]. Екстрацелуларната течност (17 литри, кај возразен човек и) е поделена на:

1. **Меѓуклеточна** (интерстициска) течност (12 литри се сместени помеѓу клетките) и
2. **Васкуларна течност** - сместена во крвните садови (5 литри отпаѓаат на крвта).



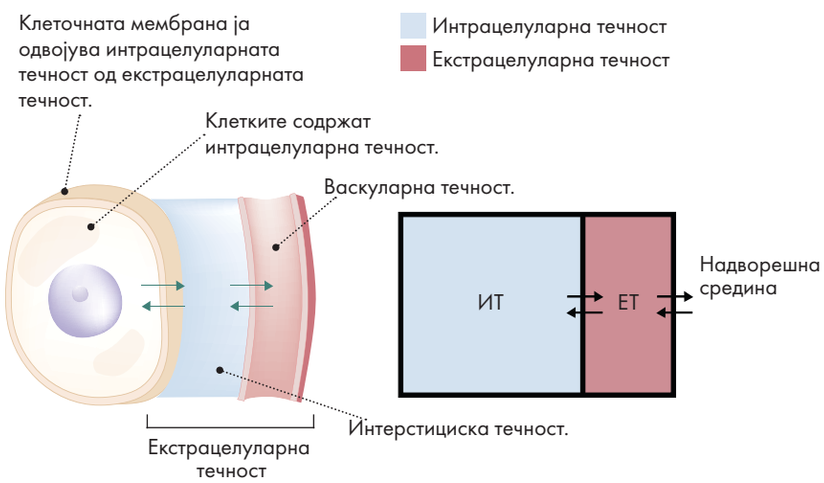
Останатото количество течност во организмот (од вкупно 42 литри кај возрасен човек од 70 kg) е интегрирано во клетките (**интрацелуларна течност**) [слика 1.5].

Овој начин на поврзување овозможува и одржување на внатрешната рамнотежа на организмот (хомеостаза).



Слика 1.4 →
Интеграција и синхронизирана работа на органските системи.

Екстрацелуларната течност ги поврзува функционално и ги усогласува процесите кои се одвиваат во клетките од одделни ткива овозможувајќи **внатрешна рамнотежа**.



Слика 1.5 →
Распределба на интра и екстраклеточната течност.

Во човековиот организам се сретнува - **меѓуклеточна**, **васкуларна** и **интрацелуларна течност**.

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Интрацелуларната течност е одвоена од екстрацелуларната течност со селективна полупропустлива клеточна мембрана, која е многу пропустлива за вода, а непропустлива за повеќето електролити во телото. Всушност, клеточната мембрана е таа која го одржува составот на телесните течности внатре во клетката.

Интрацелуларната течност содржи мало количество на натриумови и хлоридни јони а скоро и да нема калциумови јони. Но, таа содржи голема количина калиумови и фосфатни јони и умерена количина магнезиумови и сулфатни јони. Интрацелуларната течност според јонскиот состав е многу слична на крвната плазма, но најзначајна разлика помеѓу нив е таа што плазмата содржи висока концентрација на протеини за разлика од интрацелуларниот простор.

За разлика од интрацелуларната, екстрацелуларната течност содржи многу поголеми количини на натриумови и хлоридни јони.

При промени во надворешната и внатрешната средина, одржувањето на сите функции на еден организам во граници на нормално вредности претставува **хомеостаза**.

ХОМЕОСТАЗА

Остварувањето на животот на еден организам подразбира постоење систем кој е во постојана интеракција со надворешната средина. Во услови на континуирани промени во животната средина, неопходно е во организмот да се одржува стабилна внатрешна рамнотежа **(хомеостаза)**, преку активност на нервниот и ендокриниот систем кои воедно претставуваат и регулаторни системи.

Повратната (feedback) **врска** е главен механизам во регулацијата на функциите на организмот.

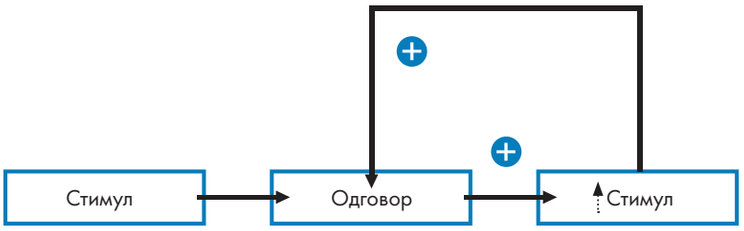
Хомеостазата претставува одржување на функциите на органите и органските системи во границите на нормални вредности при промени во надворешната и внатрешната средина (на пример: константна телесна температура, концентрација на глукоза во крв, вредност на pH, крвен притисок и сл.).

Повратната врска може да биде **позитивна** (ако регулира дел од органски систем) и **негативна** повратна врска (ако регулира функционирање на органски систем).

Главен механизам во регулацијата на функциите е **повратната** или **„feedback" врска**, со која организмот настојува да ги намали ефектите од нарушувањето на функциите. Така, на пример, со покачувањето на телесната температура се активираат потните жлезди за да ја намалат температурата преку потење.



Според начинот на функционирањето и регулирање на повратната врска, таа може да биде **позитивна** (регулира дел од органскиот систем) и **негативна** (се однесува на целиот органски систем).



Шема 1.1 →
Позитивен feedback механизам.

Позитивната повратна врска (позитивен feedback механизам) е процес при кој почетниот стимул предизвикува зголемување на наредниот стимул, односно одговорот [шема 1.1]. Примери за позитивен повратен механизам се процесите на засирување (коагулација) на крвта, процесот на породување [слика 1.6], процесот на лактација, процесот на деполаризација на невроните (за кои ќе научиш повеќе во наредните теми).

При **позитивна повратна врска**, почетниот стимул предизвикува зголемување на следниот стимул како одговор.



Слика 1.6 →
Процес на породување (позитивна повратна врска).

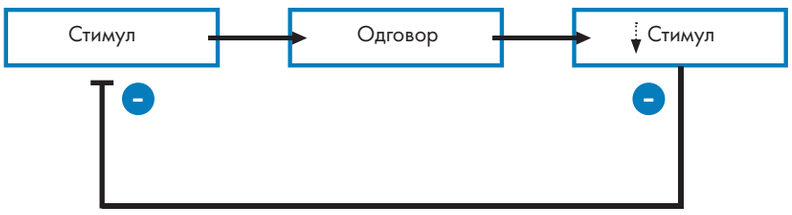
Негативна повратна врска е механизам при кој реакцијата на почетниот стимул е спротивна на одговорот.

Негативната повратна врска (негативен feedback механизам) е механизам во кој реакцијата на почетниот стимул е спротивна на одговорот [шема 1.2]. На пример, при регулација на дишењето, зголемената концентрација на јаглерод диоксид во циркулацијата (продукти оксидативните процеси кои се одвиваат во клетките) го дразни центарот за дишење, со што предизвикува забрзано дишење (зголемена белодробна вентилација). Тоа доведува до намалување на нивото на јаглерод диоксидот во крвта. Со истиот негативен повратен механизам се регулира и намалената концентрација на јаглерод диоксид во крвта. Друг пример за негативна повратна врска е регулацијата на коцентрацијата на глукоза во крвта, прикажана на слика [слика 1.7].



Слика 1.7 →
Регулација на концентрацијата на глукоза во крв (механизам на негативна повратна врска).





Шема 1.2 →
Негативен feedback механизам.

Во организацијата на биолошките системи, како 7. ниво го наведовме организмот. Со оглед на тоа што одвивањето на сите животни процеси на ниво на организам не подразбира постоење на организмот сам за себе, организмот не е последно ниво на биолошката организација. Повисокото ниво на организација вклучува интеграција на повеќе организми. Така, повеќе организми од ист вид сочинуваат *популација*, а повеќе популации од различни видови на одреден простор претставуваат *заедница* (биоценоза). По овие две нивоа на организација, следат *екосистем*, *предел*, *биом* и *биосфера* како повисоки нивоа на организација на биолошките системи [слика 1.1].

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Повисоките нивоа на организација опфаќаат интеграција на повеќе организми и претставуваат еколошки нивоа на организација. Тие се:

Единка - претставува организам кој функционира независно и се прилагодува на животната средина.

Популација - претставува група на повеќе организми од ист вид кои живеат, се хранат и се размножуваат на одреден заеднички простор.

Биоценоза - група од популации од различни организми кои живеат на одреден простор и имаат заемни интеракции.

Екосистем - претставува заедница (група) од живи организми (биоценоза) и нивната животна средина (биотоп). Екосистемот има две главни компоненти: биотичка (живите организми) и абиотичка (нежива) компонента.

Предел - мозаик од антропогени (направени од човекот) и природни екосистеми обликувани како резултат на долгото меѓусебно влијание на човекот и природата. Зависно од степенот на човеково влијание, пределите можат да бидат природни и културни (антропогени). Пределот се разликува од пејзаж кој ги опфаќа само визуелните аспекти на пределот и дополнително овозможува разгледување на еколошките процеси и појави на ситен размер на голема површина. Карактерот на пределите постојано се менува како резултат на човековото влијание и природни процеси и нарушувања.

Биом - комплекс од сродни екосистеми кои зафаќаат големи површини во рамки на одредена климатска зона.

Биосферата - е највисоко ниво на еколошка организација и ја опфаќа обвивката на Земјата и атмосферата и претставува комплекс (збир) од сите екосистеми на Земјината топка и се карактеризира со способност за самоодржување. Во поглед на енергија, биосферата претставува отворен систем во кој има постојано кружење на материјата.

Кратка содржина

- Според елементарната градба на живите системи, во организмот има седум нивоа на организација. Нивоата на организацијата се подредени според големината и функцијата: 1. атоми и молекули, 2. органели, 3. клетки, 4. ткиво, 5. орган, 6. органски систем, и 7. организам.
- Група клетки кои имаат исто потекло и структура и се специјализирани за извршување на иста функција претставуваат ткиво. Во изградбата на човечкиот организам учествуваат, главно, четири типа ткива: покровно-заштитно ткиво, потпорно-сврзно ткиво, мускулно ткиво и нервно ткиво.
- Покровното ткиво ја покрива површината на телото и сите внатрешни празнини; сврзното ткиво дава потпора на самите органи поврзувајќи ги меѓусебно коските, ткивата и органите во една целина; мускулното ткиво ја претвора хемиската енергија во механичка овозможувајќи движење и нервното ткиво кое го гради нервниот систем се специјализирало да прима и спроведува дразби.
- Организацијата од две или повеќе ткива кои учествуваат во извршувањето на иста функција претставува орган. Анатомски и функционално поврзани повеќе органи меѓусебно го сочинуваат органскиот систем. Целина од морфолошки и функционално поврзани органски системи сочинува организам, кој е највисоко ниво на биолошка интеграција на живиот систем.
- Органите се сместени во празнините на задниот (во черепната празнина и во празнината на 'рбетниот канал) и предниот (градната, стомачната и карличната празнина) дел од телото.
- Поврзувањето на функциите на клетките од органите и органските системи се одвива преку екстрацелуларната течност. Течноста во телото на човекот е распоредена во клетките (интрацелуларна течност) и надвор од нив (екстрацелуларна: помеѓу клетките - интерстициска и во крвните садови - васкуларна течност).
- Одржувањето на рамнотежа во функциите на органските системи при промени во надворешната и внатрешната средина се нарекува хомеостаза. Механизам на регулација на функциите претставува повратна врска. Според начинот на кој функционира, таа може да биде позитивна повратна врска и негативна повратна врска.

ПРОВЕРЕТЕ ГО ВАШЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Кои се нивоата на биолошка организација ?
2. Што е ткиво и какви типови на ткива постојат?
3. Наведи ги функциите на четирите основни типа ткива.
4. Каква е распределбата на органите во телесните празнини?
5. Како е поделена телесната течност?
6. Што е хомеостаза?
7. Кои се главните механизми за регулација на функциите во организмот?
8. Наведи по два примери за позитивна и негативна повратна врска.



2 Дигестивен систем

Во ова поглавје ќе учите за

- Основни хранливи материи - поделба и извори
- Енергетска вредност на хранливите материи и карактеристики на балансираната храна
- Ензими и ензимски реакции
- Динамичка рамнотежа
- Дигестивен систем-градба
- Функција на дигестивните органи
- Дополнителни органи и жлезди на дигестивен систем
- Ресорпција на храната по должината на системот за дигестија

Организмите кои не вршат фотосинтеза (човекот и животните) неопходно е да обезбедуваат енергија од хранливите материи кои ги консумираат. Хранливите материи се супстанции кои му се потребни на организмот за обезбедување на основната енергија за раст, развој и и одвивање на сите други физиолошки функции.

ФИЗИОЛОШКА УЛОГА НА ХРАНАТА

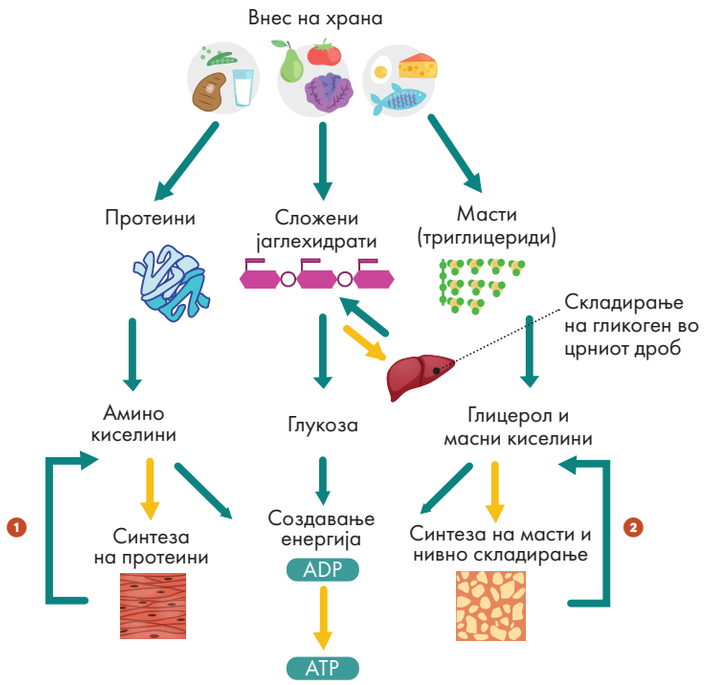
Храната има неколку физиолошки функции во организмот. За остварување на овие значајни животни функции, храната пред сè треба да содржи три основни типа органски материи: јаглехидрати, протеини и масти; вода и минерали (како неоргански состојки) и витамини (како комплексни соединенија со различна хемиска природа). Сите наведени состојки на храната се неопходни за балансирана исхрана, а недостатокот на која било од нив може да доведе до сериозни метаболички нарушувања. Физиолошките функции на храната се следниве:

Со цел обезбедување на основна енергија за раст, развој и правилни физиолошки функции, потребно е организмот да внесува **хранливи материи**. Пред сè, треба да бидат вклучени **органските материи** – јаглехидрати, протеини и масти, како и **неорганските материи** – минерали, вода и витамини.

Главните физиолошки функции на храната се:

- **Енергетската функција** опфаќа обезбедување енергија при оксидација и разградување на хранливите материи. Оваа улога главно ја имаат јаглехидратите и мастите.
- **Градбената функција** ја опфаќа улогата на хранливите материи во процесот на раст, развој, обновувањето на клетките и ткивата. Тука се вклучени пред сè протеините.
- **Регулаторно-каталитичката** функција ги опфаќа витамините и минералите кои влегуваат во структурата на ензимите и овозможуваат регулација на некои метаболички процеси.

Енергетска улога - обезбедување енергија за организмот преку процесот на разградување и оксидација на хранливите материи. Како крајни продукти на метаболизмот се добиваат јаглерод диоксид, вода и енергија [слика 2.1]. Енергијата може да биде во форма на топлина (за загревање на телото) и во форма на аденозин трифосфат (АТР), што претставува т.н. основна „енергетска валута“ во организмот. Преку енергијата од молекулите на АТР се задоволуваат сите енергетските потреби поврзани со физичките и умствените активности на човекот, одржувањето на работата на внатрешните органи (срцето, белите дробови, бубрезите и др.) и телесната температура, транспортот на материите во организмот и др. Главната енергетска улога во организмот ја имаат јаглехидратите и мастите, а во помала мера и протеините.



1 Разградување на протеини (пр. при изгладнување)

2 Разградување на складираните масти (пр. при слабеење)

Слика 2.1 →
Разградување и оксидација на хранливите материи и добивање на АТР како основен извор на енергија во организмот.

- **Градбената (пластична) улога** се однесува на улогата на хранливите материи во изградбата на организмот преку процесот на раст и развој, како и обновувањето на клетките и ткивата. Оваа улога во организмот ја имаат пред сè протеините и нивните градбени компоненти, амино киселините.



- **Регулаторно-каталитичката улога** на храната се остварува преку витамините и минералите што влегуваат во структурата на ензимите и се вклучуваат во регулирање на метаболичките процеси. Витамините и минералите имаат улога и во спроведување на некои основни функции во организмот, како регулација на работата на срцето, регулација на телесната температура и сл.

КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОСНОВНИТЕ КОМПОНЕНТИ НА ХРАНАТА

Макронутритиенти

Јаглехидратите (шеќери) се основни енергетски извори кои задоволуваат речиси половина од енергетските потреби на организмот. Тоа се материи што брзо согоруваат при што се ослободува голема количина на енергија во форма на АТР. Шеќерите влегуваат и во составот на нуклеинските киселини, во градбата на клеточниот ѕид кај растителните клетки и во клеточната мембрана на сите живи организми (глукопротеини). Општо, јаглехидратите можат да се поделат во две групи:

1. **прости шеќери** (моно- и дисахариди) и
2. **сложени шеќери** (полисахариди).

Полисахаридите понатаму се делат на скроб и нескробни полисахариди (гликоген и диететски влакна).

Во процесите на дигестија, јаглехидратите се разложуваат до **моносахариди**. Од нив најзначајна е *глукозата*, која е прв извор на енергија во сите ткива, а особено во мозочното и мускулното ткиво. *Скробот* е растителен полисахарид и претставува депо на јаглехидрати кај растенијата. *Гликогенот* е депо на јаглехидрати, пред сè во мускулите и црниот дроб кај животинските организми. Тој се синтетизира од вишокот на глукоза во состојба на ситост. Во состојба на гладување, резервниот гликоген се користи како метаболичко гориво, преку негово разградување до глукоза.

Диететските влакна се состојат од нескробни полисахарди (целулоза, хемицелулоза, пектин, лигнин) и се наоѓаат во состав на овес, јачмен, многу видови зеленчук и овошје и легуминозни растенија (грав, грашок, леќа).Тие ја подобруваат перисталтиката на цревата и ја одржуваат цревната микрофлора.

Липидите (масти) во процесот на дигестија се разложуваат до **масни киселини и глицерол**. Масните киселини се користат

Јаглехидрати – основни енергетски извори кои можат да се поделат во две групи: прости шеќери (моно- и дисахариди) и сложени шеќери (полисахариди).

При дигестија јаглехидратите се разложуваат до моносахариди меѓу кои најзначајна е *глукозата* – прв извор на енергија во сите ткива, особено во мозочното и мускулното ткиво.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Мошне важна е разликата помеѓу јаглехидратите кои брзо ја ослободуваат енергијата и оние кои бавно ја ослободуваат. Шеќерите кои влегуваат во состав на медот, сладот (пиво), белото брашно, слатките и речиси сите рафинирани шеќери брзо ослободуваат енергија и брзо ја зголемуваааат концентрацијата на глукоза во крвта. Шеќерите кои бавно ја ослободуваат енергијата влегуваат во состав на некои видови зеленчук што содржат скроб (компир, пченка) и овошје (јаболка, портокали, цреши, коскесто овошје) и нивното користење се препорачува за правилна исхрана.

во организмот за синтеза на посложени масти неопходни за исполнување на бројните физиолошки функции.

Мастите се депонираат во поткожното масно ткиво и претставуваат најконцентриран извор на енергија во организмот. Учествуваат во градбата на клеточните мембрани и структурата на стероидните хормони (од надбубрежните и половите жлезди). Дополнително, масното ткиво има и заштитна улога како амортизер од повреди (на пример кај бубрезите).Мастите се растворувачи и носители на витамините растворили во нив.

Мастите во својот состав содржат масни киселини. Во зависност од хемиската структура, тие може да бидат: *заситени масни киселини* и *незаситени* (моно- и полинезаситени) масни киселини.

Масти – во својот состав содржат масни киселнини кои може да бидат заситени и незаситени (моно- и полинезаситени) масни киселини. Вклучени се во градбата на клеточните мембрани и структурата на стероидните хормони.

При дигестија, мастите се разложуваат до масни киселини и глицерол.

Заситените масни киселини се наоѓаат во храна од животинско потекло (месо, путер, сирење) и од растително потекло (кокосово и палмино масло). Овие масни киселини треба да бидат што помалку застапени во исхраната (до 10 %).

Од незаситените масни киселини, мононезаситените се наоѓаат во бадеми, лешници, маслинки, кикирики. Полинезаситените масни киселини се наоѓаат во сончогледово и сусамово масло, грозје, лен, соја, орев, туна. Незаситените масни киселини треба да бидат застапени во поголема количина во дневната исхрана на човекот.

Протеините (белковини) се основни градбени материи во организмот. Во процесот на дигестија се разложуваат до **амино киселини**, кои се користат за синтеза на протеини, кои пак се вклучени во разни структурни и функционални компоненти на клетките. Протеините, исто така учествуваат во изградбата на хемоглобинот (пигмент во еритроцитите), контрактилните мускулни протеини (актин и миозин) и глобуларните одбранбени протеини. Протеините се неопходни и за синтеза на ензимите (биолошки катализатори) и хормоните (регулатори на метаболичките процеси). За разлика од јаглехидратите и мастите, протеините немаат свое депо во организмот. Протеините треба да се застапени со околу 20 % во храната, а потребите за протеини зависат од физиолошката состојба на организмот и возраста. За правилен раст и развој на организмот, потребно е внесување на храна богата со протеини кои содржат есенцијални аминокиселини (аминокиселини што не може да се создадат во човековиот организам). Храна богата со протеини од животинско потекло е месо, млеко, јајца, сирење, морска храна, додека протеини од растително потекло има во житарките.

Протеини – основни градбени материи во организмот кои учествуваат во градбата и синтезата на бројни и значајни компоненти како што се хемоглобинот, мускулните протеини, одбранбените протеини, синтеза на ензимите и хормоните.

При дигестија, протеините се разложуваат до амино киселини.



Микронутритиенти - минерали и витамини

Покрај метаболичките горива (јаглехидрати и масти) и протеините (макронутритиенти), организмот има и потреба од внес на различни минерали и витамини, во релативно мали количини (микронутритиенти). Витамините, минералите и водата се компоненти од храната од кои не се обезбедува енергија, но тие се потребни за правилно функционирање на организмот. Водата учествува во процесите на транспорт (гасови, хранливи и отпадни материи), регулација на телесната температура и овозможува одвивање на голем број реакции во организмот.

Минералите како состојка во храната се неопходни за нормално функционирање на организмот. Учествуваат во спроведување на нервна и мускулна активност и одржување на осмотската хомеостаза. Минералните соли, исто така учествуваат како: активатори на ензимите, структурни компоненти на молекулите (Fe - во хемоглобинот, P - во ATP, Co - во витаминот B12 , J - во хормонот тироксин и др.) Улогата и значењето на некои минерали во животните функции кај човекот се претставени на табела 2.1.

Минералите овозможуваат спроведување на правилна мускулна и нервна активност, одржување осмотска хомеостаза, активација на ензими и како дел од некои значајни молекули.

Табела. 2.1. Минерали и нивна улога во организмот

Минерали	Значење и улога	Природни извори
Микронутритиенти (микроелементи) – Елементи во трагови		
Железо	Формирање хемоглобин во еритроцитите и миоглобин во мускули.	Меласа, семиња, полнозрнести продукти, житарки, јаткасти плодови, сушено овошје, грав, живина, риба и месо со ниска содржина на масти.
Цинк	Синтеза на протеини; заздравување на раните при повреди; превенција од анемија и влегува во состав на голем број ензими.	Семиња, полнозрнести продукти, житарки, јаткасти плодови, грав, живина, риба и месо со ниска содржина на масти.
Јод	Составна компонента на тироидни хормони.	Јодирана готварска сол, млечни продукти, школки и риба.
Бакар	Потребен за одржување на ензимски системи и во формирање еритроцити; учествува во апсорпција на железо.	Јаткасти плодови, школки, семиња, јастог, про′ртена пченица, суво овошје, полнозрнести житарки и легуминозни растенија (грав, леќа, бранија, грашок и др.).
Селен	Функционира во асоцијација со витамин Е; потпомага во заштитата на ткивата и клеточните мембрани од оксидативни оштетувања, превенција на канцер.	Јаткасти плодови, полнозрнести житарки, свинско месо со ниска содржина на масти (свински мускул), сирење, млеко, меласа, тиква.

Минерали	Значење и улога	Природни извори
Макронутритиенти (макроелементи)		
Калциум	Формирање коски и заби; одржување на цврстината на коските; контракција на мускули; коагулација на крвта	Сите млечни продукти, зелјести зеленчуци со изразено зелена боја, грав, јаткасти плодови, сончоглед, сушено овошје, меласа и конзервирана риба.
Фосфор	Формирање коски и заби; ослободување енергија (ATP) влегува во градба на нуклеинските киселини, клеточни мембрани и голем број ензими.	Грав, сончоглед, млеко, сирење, јаткасти плодови, живина, риба, месо со ниска содржина на масти.
Магнезиум	Формирање коски и заби; синтеза на протеини; активација на ензими.	Семки од сончоглед и тиква, јаткасти плодови, полнозрнести продукти, грав, темнозелен зеленчук, сушено овошје и месо со ниска содржина на масти (мускул).
Натриум	Регулација на осмотски притисок на крвта и волумен на телесни течности; помага во трансмисија на нервни импулси.	Готварска сол и некои животински продукти со ниска содржина на натриум.
Хлор	Влегува во состав на желудочен сок и потпомага во одржување на ацидо-базната рамнотежа во организмот.	Готварска сол, морска храна, млеко, јајца и месо.
Калиум	Контракција на мускули; одржување електролитен баланс на клетката; трансмисија на нервни импулси.	Широко распространет во голем број хранливи продукти, особено овошје и зеленчук, грав, јаткасти плодови, семиња и месо со ниска содржина на масти.

Витамините дејствуваат како коензими – влијаат врз функцијата на ензимите. Можат да бидат хидросолубилни (растворливи во вода- витамин А и С) или липосолубилни (растворливи во масти- витамин А, Е, D и К).

Витамините се органски молекули кои што дејствуваат како коензими (составен дел на ензимите). Коензимите ги активираат ензимите и ја помагаат нивната функција. Со оглед на тоа дека организмот на човекот не може да ги синтентизира витамините, тие треба да се внесуваат во соодветни количини, преку исхраната. Витамините може да бидат растворливи во вода (хидросолубилни) или во масти (липосолубилни). Хидросолубилни се вит. С и витамините од групата В, додека липосолубилни витамини се: А, D, Е и К. Некои од витамините, како што се А и Д, се внесуваат со храната како неактивни - провитамини. За да бидат биолошки ефективни треба претходно да се активираат. Така, на пример, провитаминот D во кожата, по изложување на сончевата светлина (ултравиолетово зрачење), преминува во активен облик. Во табелата 2.2. се дадени витамините и дел од нивните функции и хранливите материи кои ги содржат.



Табела. 2.2. Витамини и нивна улога во организмот

Липосолубилни витамини (витамини растворливи во масти)				
Витамини	Значење и улога	Симптоми на дефицит и авитаминози	Хиповитаминози	Природни извори
Витамин А (Ретинол)	Формирање и одржување здрава кожа, коса и мукозна мембрана; ја подобрува способноста за гледање при намалена светлина (синтеза на родопсин – виден пурпур).	Воспалителни процеси во слузокожата и рожницата на окото.	Кокошкино слепило, ксерофталмија (суво око).	Жолто-портокалови и зеленчуци и овошје (моркови, брокула, спанаќ, сладок омпир, диња), сирење, млеко.
Витамин D (Калциферол)	Формирање и одржување коски и заби; апсорпција и искористување на калциумот и фосфорот.	Меки, еластични коски, губење апетит, застој во раст и развој.	Рахитис.	Туна, лосос, рибино масло, изложеност на сочева светлина.
Витамин Е (Токоферол)	Спречува оксидација на витамин А; превенира нарушување на клеточна мембрана.			Растителни масла, јаткасти плодови, полнозрнести житарки и никулци и зелени зелјести зеленчуци.
Витамин К (Филокинон)	Синтеза на соединенија неопходни во коагулација на крв; одржување на нормален коскен метаболизам	Спречува крвавење.	Хеморагија.	Зелени зелјести зеленчуци, зелка, карфиол, се создава од бактериите во дебелото црево.

Хидросолубилни витамини (витамини растворливи во вода)				
Витамини	Значење и улога	Симптоми на дефицит и авитаминози	Хиповитаминози	Природни извори
Витамин С (Аскорбинска киселина)	Формирање на колагенот, ′рскавицата, мускулите и васкуларните ткива; во одржување на капиларите, коските и забите; олеснета абсорпција на железо.	Крвавење на непцата, пукање на крвни садови (модринки).	Скорбут.	Цитрусни овошја, бобинки, лубеница, диња, темнозелени зеленчуци, домати, зелена пиперка, зелка и компир.

B - комплекс витамини				
Витамини	Значење и улога	Симптоми на дефицит и авитаминози	Хиповитаминози	Природни извори
Витамин B1 (Тиамин)	Учествува како кофактор во голем број ензимски рекации од метаболизмот.	Парализа и атрофија на мускулите.	Бери-бери (*polineuritis*).	Полнозрнести продукти од житарки, сушен грав и грашок, сончоглед и јаткасти плодови.
Витамин B2 (Рибофлавин)	Учествува како коензим во голем број ензимски рекации од метаболизмот.	Воспаление во аглите на устата.	Дерматитис, снежно слепило.	Јаткасти плодови, јогурт, млеко, полнозрнести продукти од житарки, сирење, живина, зелени зелјести зеленчуци.
PP или витамин B3 (Нијацин)	Учествува како коензим во голем број ензимски рекации од метаболизмот.	Застој во раст и развој на централен нервен систем.	Пелагра.	Јаткасти плодови, полнозрнести продукти од житарки, живина, зелени зелјести растенија, риба, суво овошје, грав.
Витамин B6 (Пиридоксин)	Учествува како коензим во голем број ензимски рекации од метаболизмот.			Сончоглед, грав, живина, јаткасти плодови, банана, суво овошје и зелени зелјести зеленчуци.
Витамин B9 (Фолна киселина)	Синтеза на хемоглобин и нуклеински киселини.	Недиференцирани (големи) еритроцити, вртоглавица, исцрпеност.	Мегалобластна анемија	Грав, јаткасти плодови, полно зрнести производи од житарки, овошни сокови, темнозелени зелјести зеленчуци.
Витамин B5 (Пантотенска киселина)	Синтеза на хормони и одредени невротрансмитери. Учествува како коензим во голем број ензимски реакции од метаболизмот.		„Burning foot" синдром	Грав, јаткасти плодови, семиња, суво овошје, млеко, темнозелени зелјести зеленчуци и живина.

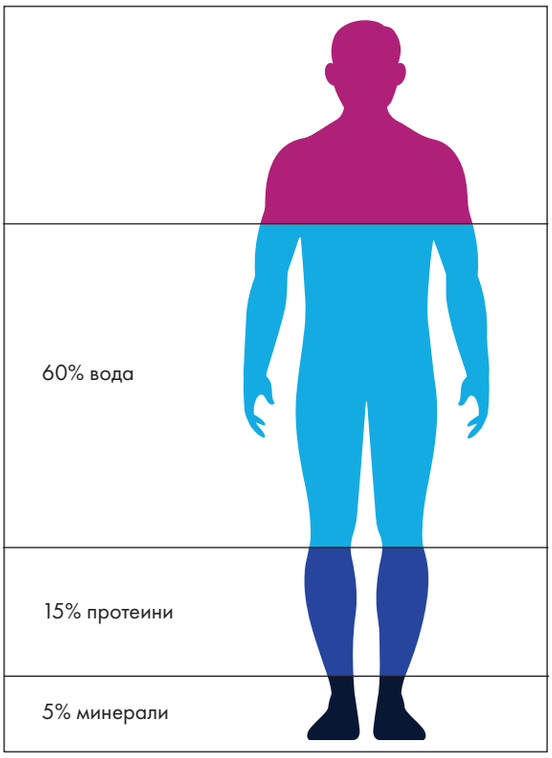
Водата претставува медиум за одвивање на метаболитичките процеци. Има улога во транспорт на гасови, материи, регулација на телесната температура, а со тоа учествува во одвивањето на голем број реакции во организмот.

Водата кај возрасен човек учествува со 60 % во изградбата на организмот. Всушност, водата зафаќа околу 90 % од телесните течности во телото кои пренесуваат есенцијални хранливи материи, гасови, метаболички продукти и други материи во организмот.

Водата во организмот претставува медиум за одвивање на сите метаболички реакции. Учествува во пренесување на кислородот и хранливите материи, како и пренесување и исфрлање на крајните продукти и токсините. Водата директно е вклучена и во процесите на терморегулација и дигестија.

Генерално, човековото тело е изградено од 60 % вода, 15 - 25 % масти, 15 % протеини и 5 % минерали [слика 2.2.].





Слика 2.2 →
Процентуален износ на основните составни компоненти на човековото тело.

ЕНЕРГЕТСКА ВРЕДНОСТ НА ХРАНЛИВИТЕ МАТЕРИИ

Карактеристики на балансирана исхрана

Сите живи организми имаат потреба од енергија за извршување на одреден вид на работа. На пример, за да се подигне предмет (да се совлада силата на гравитација) организмот треба да има извор на енергија за извршување на таа активност. Според првиот закон за термодинамика, енергијата не може ниту да се создаде ниту да се изгуби, туку може да се претвори од една во друга форма.

Човековото тело е систем во кој се добива хемиската енергија од храната, потоа ја претвора (конвертира) таа енергија во други форми на хемиска енергија, во механичка работа и топлина. На пример, по оксидација на хранливите компоненти во клетките, хемиската енергија се претвора во друга форма на хемиска енергија која се користи за синтеза на соединенија и нивно складирање. Во клетките, хемиската енергија добиена со

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Делумниот недостаток на определен витамин во организмот е познат под поимот **хиповитаминоза**, додека целосниот недостиг, **авитаминоза**. Во обата случаја доаѓа до нарушувања во организмот. Таков е примерот со скорбутот кој се јавува како резултат на дефицит на витаминот С. Ова доведува до тешки, обилни крвавења. Друг пример е појавата на полинеуритис (бери-бери) при недостаток на витаминот В1. Оваа состојба се манифестира со атрофија на скелетната мускулатура и срцевиот мускул.

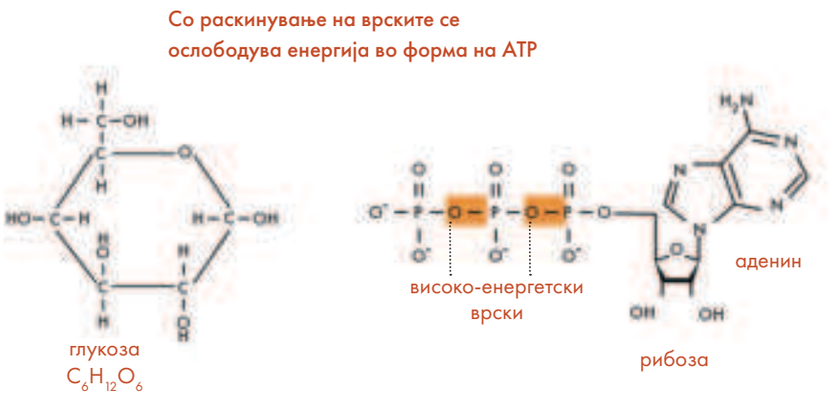
За витамините не е доволно да знаеме само во кои состојки од храната се содржат. Неопходно е да се знаат условите при кои се приготвува храната, со цел витамините да се зачуваат во најсоодветната форма која може организмот да ја искористи.

Човековото тело ја добива хемиската енергија од храната, ја конвертира во други форми на хемиска енергија и ја искористува за механичка работа и топлина.

Хемиската енергија е претставена во форма на аденозин трифосфат (АТР), каде што енергијата се наоѓа врзана во двете високоенергетски фосфатни врски.

процесите на оксидација е во форма на **аденозин трифосфат (АТР)**.

Секоја клетка ги користи јаглехидратите, мастите и протеините за создавање на големи количини на АТР, што понатаму се користи како извор на енергија за скоро сите клеточни функции. Поради ова, АТР се нарекува енергетска „валута“ во метаболизмот на клетките. Карактеристика на АТР, што го прави многу вреден како енергетски извор е тоа што поседува огромно количество на „слободна“ енергија (7,3 Cal/mol). Оваа енергија се наоѓа врзана во двете високоенергетски фосфатни врски [слика 2.3].



а) Глукоза б) Аденозин трифосфат

Слика 2.3 →
Енергијата е складирана во секоја хемиска врска.
а) Со разградување на глукозата се добива АТР.
б) Аденозин трифосфатот (АТР) поседува две високоенергетски фосфатни врски.

Секоја од хранливите состојки во храната (јаглехидрати, масти и протеини) имаат своја енергетска вредност која се изразува во килокалории. Енергетската вредност на секоја од овие компоненти е прикажана во табела 2.3. Витамините имаат ниска енергетска вредност, а водата и минералните материи како неоргански материи не поседуваат енергија.

Табела 2.3. Енергетска вредност на основните групи на хранливи материи.

Енергетска вредност на основните групи на хранливи материи		
Јаглехидрати	4 kcal	16.7kJ
Масти	9 kcal	37.6 kJ
Протеини	4 kcal	16.7 kJ

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Во функција на балансирана исхрана и здрава состојба на организмот, внесот на енергија во организмот преку храната треба да биде соодветен на потрошувачката на енергија во еден организам (ниту прекумерно, ниту редуцирано внесување на храна).

Научната дисциплина која ја испитува храната и нејзините компоненти е позната под терминот нутриционизам.

Енергијата која ја содржат хранливите материи се мери во килокалории – kcal или Cal, што е еднакво на 1 000 cal (калории – cal). Калорија е количина на топлинска енергија која е потребна за пораст на температурата на 1 g вода за 1°C.



Енергетска вредност на храна

Со оглед дека храната содржи различно количество од сите три главни органски компоненти, во пресметката на енергетската вредност на различни хранливи продукти, треба да се земе предвид точната застапеност на поодделните компоненти. Познавањето на енергетските вредности на хранливите материи има големо значење бидејќи овозможува пресметување на енергетската вредност на секој вид храна која се внесува во организмот. Енергетската вредност на некои хранливи продукти е прикажана на табела 2.4.

Табела 2.4. Енергетска вредност на некои хранливи продукти.

Прехранбен продукт (100 g)	Протеини	Масти (g)	Јаглехидрати (g)	Енеретска вредност (kcal)
Бел леб	6,9	0,7	57	261
Црн леб	9,3	2,6	49	257
Кравјо млеко	3,4	3,6	4,8	47
Овчо млеко	5,8	6,5	3,6	99
Путер	0,6	81	0,4	757
Сирење	27	28	1,7	370
Свинско месо	25,2	16	0	290
Пастрмка	19,2	2,1	0	96
Компир	2	0,1	19,1	87
Грав	22,7	0,1	19,1	306
Зелка	1,7	1,7	47,3	28
Портокал	0,9	0,2	4,8	45
Јаболко	0,3	0,2	9,8	58
Грозје	0,7	0,4	12,9	62
Јајце (едно)	6,4	0,4	13,5	81
Чоколадо	4,9	5,7	0,3	575
Пиво	0,3	34,5	53,1	35
Газиран сок	0	0	4	48
Кафе	0,3	0,1	12	5

Јаглехидратите, масти и протеините имаат своја енергетска вредност која се изразува во килокалории. Со познавање на овие енергетски вредности може да се пресмета и **енергетската вредност** на секој вид храна која би ја внеле при некој оброк.

Застапеноста на хранливите состојки во дневниот оброк треба да се базира на **пирамидата на исхрана**.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Според најновите податоци, пирамидата на исхрана [слика 2.4] е обновена и заменета со нов водич за исхрана познат како MyPlate. Според MyPlate, исхраната треба да се состои од околу 30 % житарки, 40 % зеленчук, 10 % овошје и 20 % протеини, и чаша млеко или јогурт.

За одржување на здрава состојба, исхраната на човекот треба да биде балансирана. Затапеноста на хранливите компоненти во дневниот оброк кај возрасен човек треба да се базира на **пирамида на исхрана**, прикажана на слика 2.4.

Според оваа пирамида на исхрана, на дневна основа потребно е да се внесат 8 чаши вода, 6 - 11 порции житарки, 3 - 5 порции зеленчук, 2 - 4 порции овошје, 2 -3 порции млечни производи, 2 - 3 порции месо и само минимална количина на слатки и масна храна.



Слика 2.4 →
Пирамида на исхрана, дефинирана според Американскиот оддел за земјоделие (US Deparment of Agruculture).

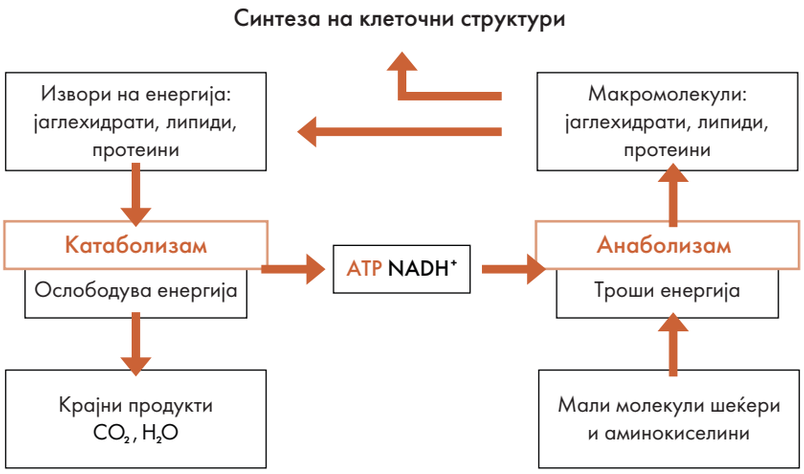
Метаболизам е збир на сите ензимски катализирани реакции кои се случуваат во организмот и овозможуваат размена на материи и енергија.

Ензими и ензимски реакции

Метаболизмот е збир на сите ензимски катализирани реакции кои се одвиваат во клетките. Сите тие процеси ја сочинуваат размената на материи и енергија во организмот. Метаболичките реакции се организирани во два основни процеса: **анаболизам** - синтеза на материи потребни за нормално функционирање на организмот (анаболички реакции) и **катаболизам** - разложување на сложените органски соединенија (катаболички реакции) [шема 2.1].

Метаболитичките реакции се поделени на: анаболизам – синтеза на материи потребни за нормално функционирање на организмот и катаболизам – разложување на сложените органски соединенија.





Шема 2.1 →
Анаболизам, катаболизам и трансфер на енергија (ATP).

Ензимите се *биолошки катализатори* од протеинска природа, одговорни за започнување и забрзување на метаболичките реакции, со што се одржува хомеостазата во живите организми. Енергијата која е потребна за одвивање на една ензимска реакција се нарекува **енергија на активација**. Во организмот, ензимите ја намалуваат *енергијата на активација*.

Ензимите се протеински молекули кои функционираат како органски катализатори и ја забрзуваат метаболичката реакција.

Ензим - супстрат комплекс

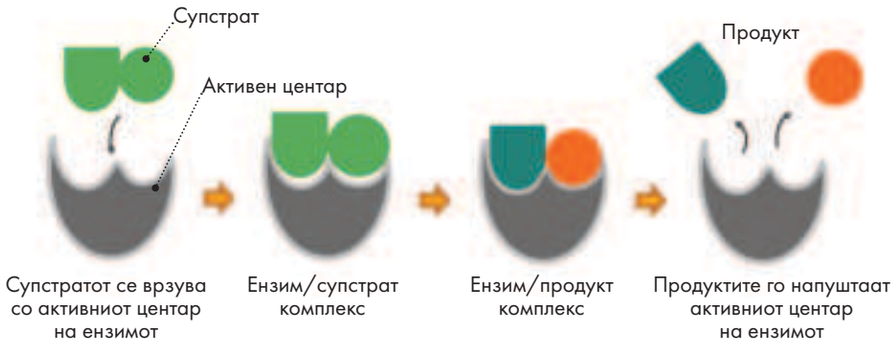
За одвивање на ензимската реакција, многу ензими имаат потреба од присуство на кофактори. Голем дел од кофакторите се од неорганска природа (бакар, цинк, железо, магнезиум), но постојат и органски кофактори наречени коензими, а меѓу нив значајни се витамините. Влијанија и процеси кои доведуваат до промени во протеинската структура на ензимот или негово разградување (денатурација), резултира со загуба на активноста (каталитичка активност) на ензимот, односно неможност за изведување на хемиската реакција.

Во секоја ензимска реакција, молекулите кои влегуваат во меѓусебна интеракција се нарекуваат *супстрати*, а супстанците кои се формираат како резултат на реакцијата се нарекуваат *продукти*. Ензимите поседуваат еден специфичен структурен регион, наречен *активен центар* што претставува место каде што се врзува супстратот за ензимот и се создава комплекс ензим-супстрат. Поврзувањето на ензимот и супстратот се одвива според принципот „клуч-брава“ што подразбира принцип на совпаѓање на одделни атомски групи на ензимот и супстратот [слика. 2.5].

Супстрати – молекули на кои делуваат ензимите;

Продукти – молекули кои се формираат како резултат на ензимската реакција;

Активен центар – специфичен структурен регион каде што се врзува супстратот за ензимот и се создава комплекс ензим-супстрат.



Слика 2.5→
Шематски приказ за една ензимска реакција каде што супстратот се врзува за активното место на ензимот, се создава комплекс ензим-супстрат и реакцијата завршува со создавање продукт.

Ензимите се високо специфични спрема супстратите и спрема реакциите што ги катализираат (ензим - соодветен супстрат). На пример, ензимот сахараза делува само на неговиот специфичен супстрат – сахароза.

САХАРОЗА (супстрат) —САХАРАЗА (ензим)→ ГЛУКОЗА (продукт) + ФРУКТОЗА (продукт)

Ензимите според хемискиот состав се сложени протеини и најдобро функционираат во водени раствори. Одвивањето и брзината на ензимска реакција зависи од повеќе фактори наведени на шема 2.2.



Шема 2.2→
Фактори кои влијаат врз брзината на ензимски катализирана реакција.

Температурата е многу значаен фактор за одвивање на ензимските реакции. Брзината на реакцијата се зголемува со зголемување на температурата и обратно, со намалување на температурата се намалува брзината на ензимската реакција. Затоа, за секој ензим е определен т.н. температурен оптимум, односно оптимална температура на медиумот на која ензимот ја катализира хемиската реакција. Пример, оптимална температура за ензимите вклучени во метаболички реакции во организмот на човекот е слична со неговата телесна температура.

Ензимите вршат каталитичка активност во рамките на одреден pH-интервал. Секој ензим има свој **pH**-оптимум. Тоа е онаа концентрација на водородни јони во која ензимот покажува максимум од својата каталитичка активност. Пример, оптимална pH за ензимите во желудникот е pH 1.5 – 4.0, додека оптимална pH



за ензимите во тенкото црево е pH 7.0 – 8.5. Промената во концентрацијата на водородните јони (промена на pH) доведува до промени на ензимската активност и ефикасност. Овие промени настануваат како резултат на промените во структурата на ензимот.

Секако, за одвивање на една ензимска реакција, важно е и **времето** за кое се одвива истата. Пример, различни компоненти од храната се задржуваат различен временски период во дигестивниот систем, во зависност од потребното време на одреден ензим за разградување на соодветниот супстрат.

Интензитетот на одвивање на една ензимски катализирана реакција зависи од **концентрацијата на ензимот и супстратот**. Со зголемување на концентрацијата на кој било од нив, се зголемува брзината на одвивање на реакцијата. Ова зголемување на брзината е ограничено до моментот кога настанува заситување на ензимот од супстратот.

Исто така, брзината на одреден метаболички процес зависи и од концентрацијата на **продуктот**. Натрупување на одреден продукт ќе доведе до намалување на брзината на ензимската активност.

Брзината на ензимската реакција и интензитетот на еден процес зависи и од присуството на одредени ефектори (**активатори** или **инхибитори**) во медиумот каде што се одвива ензимската реакција. Овие материи може да ја менуваат брзината на метаболичкиот процес. Така, инхибиторите ја намалуваат или ја оневозможуваат каталитичката активност на ензимите, додека активаторите ја зголемуваат каталитичката активност на ензимите. Ова дејство го остваруваат со нивно поврзување со ензимот, а со тоа го менуваат (отвораат или затвораат) активниот центар на ензимот.

Динамичка рамнотежа

Метаболичките реакции и клеточниот метаболизам во целина се одвиваат во отворен систем, што значи дека во системот постојано има внес и излез на материи и енергија. Системот треба да биде во динамичка рамнотежа за да може да одржува константно ниво на материи во внатрешната средина. Заради тоа, отворениот биолошки систем претставува неопходен предуслов за обезбедување на постојана способност за функционирање на живиот организам.

Фактори кои влијаат врз брзината на ензмски катализирана реакција:

- **Температура** - брзината на реакцијата се зголемува со зголемување на температурата и обратно.
- **pH** - секој ензим има свој pH-оптимум при кој покажува максимална каталитичка активност.
- **Време** - различни ензими имаат различно време потребно за да ја покажат својата каталитичка активност.
- **Концентрација на ензим и супстрат** – со зголемување на нивната концентрација се зголемува и брзината на одвивање на реакцијата.
- **Концентрација на продукт** – зголемена концентрација на одреден продукт доведува до намалување на брзината на ензимската активност.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Како активатори на ензимите може да се јават некои катјони (K^+, Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+} и др.); анјони (Cl^-, NO_3^-, PO_4^{3-}, S^{2-}, CN^-); коензими (NAD - никотинамид аденин динуклеотид, NADH - редуциран никотинамид аденин динуклеотид, FAD - флавин аденин динуклеотид фосфат, FMN - флавин мононуклеотид, коензим А и др.). Од друга страна, најсилно инхибиторно дејство имаат јоните на тешките метали (Cu^{2+}, Hg^{2+} и Ag^+).



Шема 2.3→
Динамичка рамнотежа.

На прикажаната шема [2.3], рамката означува граници на системот (пр. клетка) во кои влегува материјата А а излегува В. А1 и В1 означува концентрација на А и В. При овој процес, сè додека се внесува А во системот, тој не е во рамнотежа, иако сите други компоненти од процесот се константни во него. **Динамичката рамнотежа** на дадениот пример се однесува на брзината со која влегува А во системот и излегува В од системот. Зошто се именува со динамичка рамнотежа? **Динамичка** е бидејќи во системот *постојано процесите се менуваат*, за процесите на влегување во системот и излегување од системот треба да се воспостави *рамнотежа*.

Одржувањето на концентрација на глукоза во еден организам е еден конкретен пример за динамичка рамнотежа. За време на животот, нивото на глукоза во нашето тело е релативно константно. Сепак, во текот на еден ден, нашето тело користи големи колични на глукоза и неопходно е постојано потрошеното количество да се обнови, бидејќи секоја клетка има потреба од глукоза за да ги врши сите животни функции. Обезбедувањето на секоја клетка со глукоза се спроведува преку дигестивниот систем и црниот дроб. Глукозата од храната преминува од дигестивниот систем во крвотокот, а потоа во црниот дроб каде што се складира во гликоген. По потреба (пр. гладување), складираната глукоза се ослободува како глукоза, по разградување на гликогенот. Во нашето тело, глукозата е во динамичка рамнотежа.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Метаболичките процеси и реакции во отворените системи ретко достигнуваат рамнотежна состојба. Во организмот, ензимските реакции течат постојано во една насока, но не се одвиваат независно едни од други. Тие најчесто се поврзани во низи и имаат заеднички интермедиери, така што продуктот на претходната реакција е супстрат на следната. Токму затоа, рамнотежата не може да се постигне . Согласно ова, кога брзината со која се доставуваат почетните материи се изедначи со брзината со која се отстрануваат продуктите, се воспоставува динамичка рамнотежа.

ДИГЕСТИВЕН СИСТЕМ

Задача на дигестивниот систем е претворање на храната во состојки кои може да се апсорбираат во крвта или лимфата. Процесот започнува со механичко ситнење и мешање на храната, по што следи делување на разни ензими кои ги разградуваат јаглехидратите, протеините и мастите. Потоа следи ресорпција на крајните продукти од дигестијата, (заедно со водата, минералите и витамините), од внатрешноста на цревата, преку клетките на слузницата, во крвта или лимфата.На крај следи исфрлање на несварените делови од храната во форма на фецес.



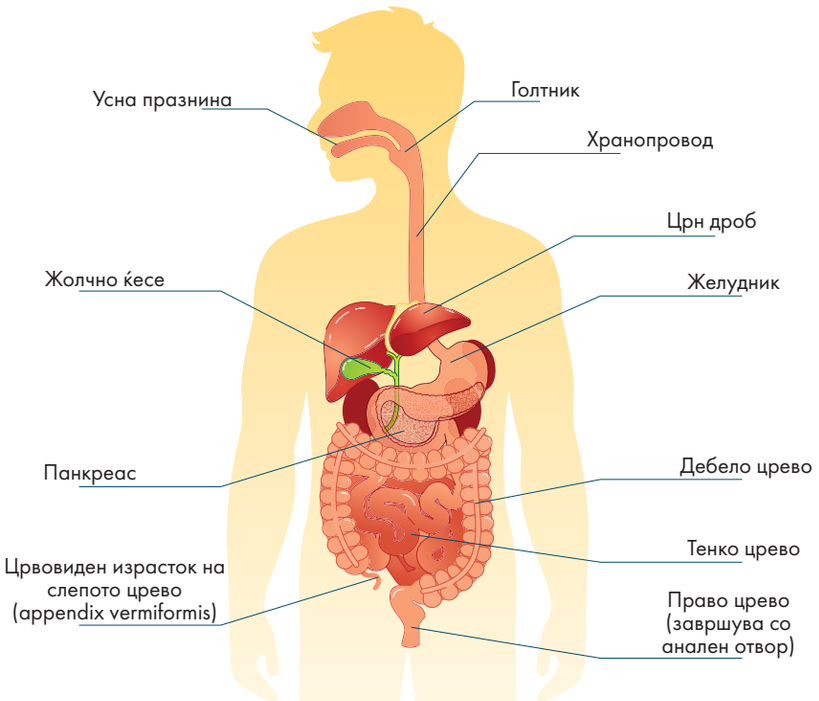
Внесувањето на хранливи материи во организмот се одвива преку **дигестивниот систем** (гастроинтестиналниот, алиментарниот тракт). Кај возрасен човек, тој претставува една издолжена цевка, долга околу 6,5 - 9 m. Вкупната должина зависи од должината на тенкото црево, кое може да биде од 5 до 7 m. **Дигестивниот систем** го сочинуваат дигестивните органи со дополнителни делови и жлезди [слика 2.6]: **Дигестивните органи** се претставени со усна празнина (*cavum oris*), голтник (голтка) (*pharynx*), хранопровод (*esophagus*), желудник (*gaster*), тенко црево (*intestinum tenue*), дебело црево (*intestinum crassum*) и анален отвор (*anus*).

Дополнителни делови на дигестивниот систем се: плунковни жлезди, црн дроб (*hepar*) со жолчно ќесе (*vesica fellea*) и поджелудочна жлезда (*pancreas*). Сите овие, своите секрети ги ослободуваат преку изводни каналчиња во различни делови од дигестивниот тракт. Состојките што се содржат во овие секрети се значајни за дигестијата и ресорпцијата на храната.

Низ должина на дигестивниот тракт се наоѓаат неколку кружни мускули (сфинктери) кои помагаат движењето на храната да биде во една насока. Овие сфинктери се наоѓаат на преминот од хранопровод во желудник, од желудникот кон тенкото црево и на завршниот дел од правото црево.

Процесите на внесување храна, нејзино механичко ситнење, мешање, разградување под дејство на ензими, апсорпција на крајните продукти преку клетките, во крвта или лимфата се обединети во терминот **дигестивни процеси**.

Дигестивни органи, жлезди и дополнителни делови: **усна празнина**, **плунковни жлезди**, **голтник**, **хранопровод**, **желудник**, **тенко црево**, **дебело црево**, **анален отвор**, **црн дроб со жолчно ќесе** и **панкреас**.



Слика 2.6 →
Органи и жлезди од гастроинтестиналниот систем кај човекот.

Сите органи од дигестивниот тракт се обвиткани со серозна мембрана, позната како стомачна кошулка (peritoneum). Органите од гастроинтестиналниот тракт меѓусебно се поврзани преку спојка за поврзување (mesenterium), која се поврзува за ѕидот на стомачната празнина.

Ѕидот на гастроинтестиналниот тракт е слоевито изграден: највнатрешниот слој е епително ткиво (мукоза), потоа следи сврзно ткиво (субмукоза), па мускулен слој (мазна мускулатура). Надворешниот дел е претставен од епителен ткивен слој (сероза).

Основните функции на системот за дигестија се одвиваат во четири фази:

- **Ингестија – внесување** храна и течности во дигестивниот систем;
- **Дигестија - разложување** на сложените молекули од храната до едноставни материи кои може да ги ресорбира дигестивниот систем;
- **Апсорпција (ресорпција) – внесување** на разградените материи во циркулација и
- **Егестија - отстранување** на неразградените материи од дигестивниот систем.

Функцијата на системот за дигестија е регулирана од нервниот и ендокриниот систем. Тие одговараат на промената на волуменот и составот на храната во цревата. Пред оброкот, за време и по оброкот, тие ја регулираат секрецијата на одделните ензими и некои хормони, како и контракцијата на деловите од дигестивната цевка. Нивната активност е координирана од страна на хипоталамусот и други нервни центри.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Делот од периферниот нервен систем кој е одговорен за инервацијата на дигестивниот систем се нарекува **ентеричен нервен систем**.**Тој е сместен во ѕидот на цревата и започнува од хранопроводот и се протега се до аналниот отвор.**

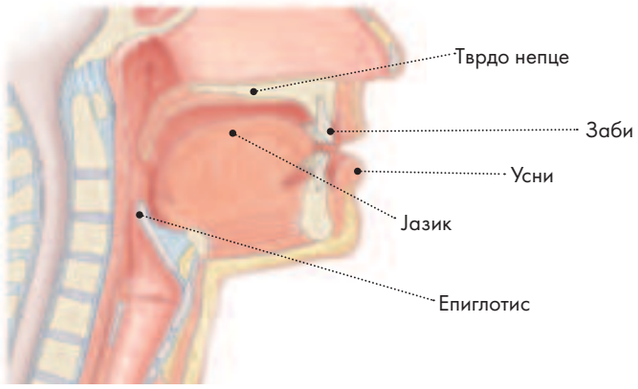
Основни четири фази на дигестија: ингестија, дигестија, апсорбција (ресорпција), егестија.

Усна празнина – учествува во процесот на дигестија со забите, јазикот, плунковните жлезди и тврдото непце, преку што се врши механичка и хемиска обработка на храната.

Усна празнина

Системот за дигестија започнува со усна празнина (cavum oris) која на горната страна граничи со тврдото непце, од страните со образите, а на дното е прицврстен јазикот [слика 2.7]. Други органи во усната празнина се забите и плунковните жлезди.





Слика 2.7 →
Органи во усната празнина.

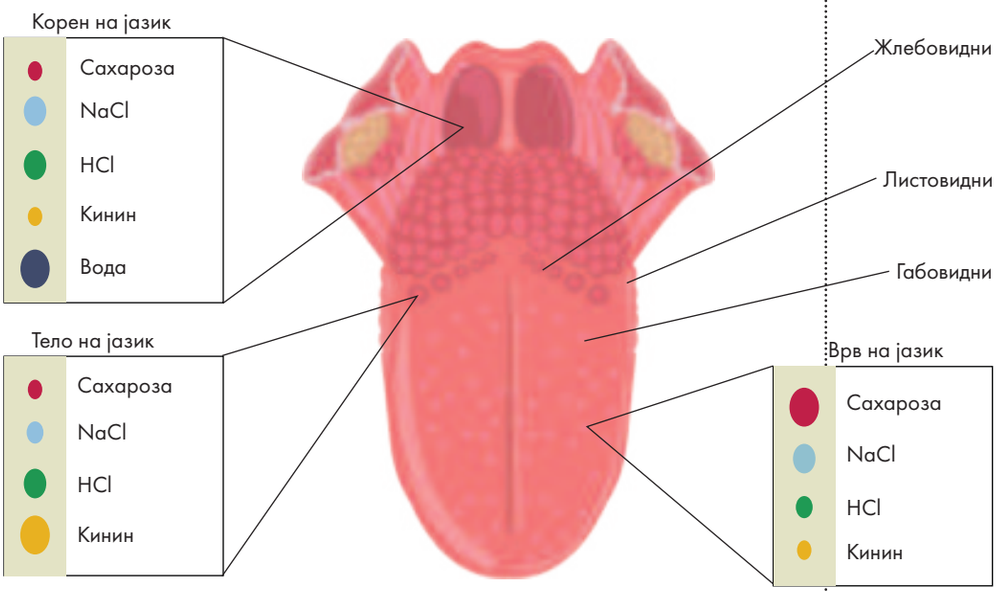
Јазикот (*lingua*) е мускулен подвижен орган, на кој се разликува врв, тело и корен, преку кој е прицврстен за дното на усната празнина. Обложен е со слузокожа (слузница) која на горната страна содржи вкусни папили. Улогата на вкусните папили е препознавање на различните вкусови на внесената храна (благо, солено, кисело, горчливо), со што различни папили имаат различна осетливост на поединечните вкусови [слика 2.8].

На ниво на јазикот се среќаваат следниве вкусни папили: габовидни (*papillae fungiformes*), папили опкружени со жлеб (*papillae valatae*) и листовидни (*papillae foliate*). Покрај вкусни папили, на јазикот се среќаваат и кончести (*papillae filliformes*) кои се одговорни за допир и болка. Јазикот, покрај тоа што учествува во внесување и мешање на храната, тој претставува сетило за вкус и орган за артикулација на говорот.

Јазикот како мускулест подвижен орган, учествува во внесување и мешање на храната, но во исто време е и сетило за вкус и орган со чија помош се формира говорот.

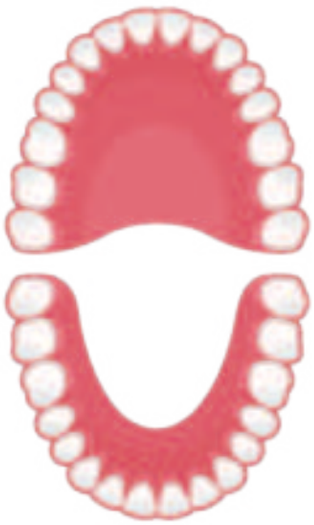
На **јазикот** се наоѓаат неколку вида **вкусни папили**: габовидни (papillae fungiformes), папили опкружени со жлеб (papillae valatae), листовидни (papillae foliate) и кончести (papillae filliformes) одговорни за допир и болка.

Забите се цврсти органи во устата, кои механички ја ситнат внесената храна.



Слика 2.8 →
Јазик со вкусни папили и нивна различна сензитивност кон различни вкусови (сахароза=благо, NaCl=солено, HCl=кисело, кинин=горчливо).

Постојат две генерации заби: млечни (20 на број) и трајни (32 на број).



а)

Трајни заби



б)

Млечни заби



1 Преткатници 2 Катници
3 Песјаци 4 Секачи

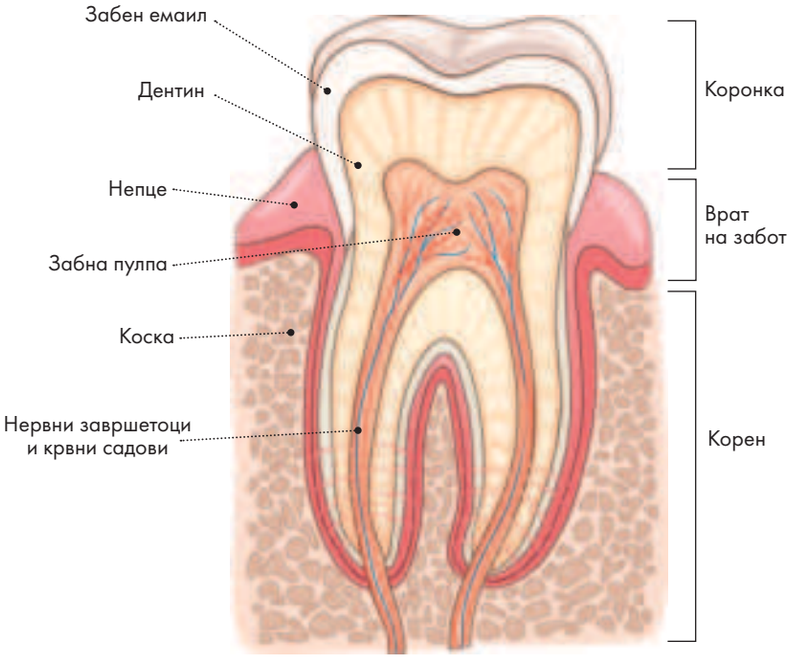
Слика 2.9 →
а) Трајни и млечни заби.
б) Четири типа заби кај возразен човек: секачи (4), песјаци (2), преткатници (4) и катници (6) кои меѓусебно се разликуваат според градба и функција.

Забите (*dentes*) се цврсти органи, сместени во забни јамички (алвеоли) на горната и долната вилица. Во дигестијата учествуваат во механичкото ситнење на храната.

Разликуваме две генерации заби, *млечни и трајни*. Млечните се 20 на број (се појавуваат до 12 месеци од животот), а трајните се 32 на број (ги заменуваат млечните, меѓу 6 и 8-годишна возраст). На секоја вилица се распоредени по 16 заби, односно по 8 на секоја половина. Забите се разликуваат по формата, бројот и функцијата.

Врз основа на функцијата што ја имаат во дигестијата, поделени се на: секачи (4), песјаци (2), преткатници (4) и катници (6) [слика 2.9].

Секој заб е изграден од коронка (слободен дел), забен корен сместен во вдлабнатинка на вилицата (алвеола) и врат на забот кој ја поврзува коронката со коренот на забот [слика 2.10].



Слика 2.10 →
Внатрешна градба на заб (надолжен пресек).

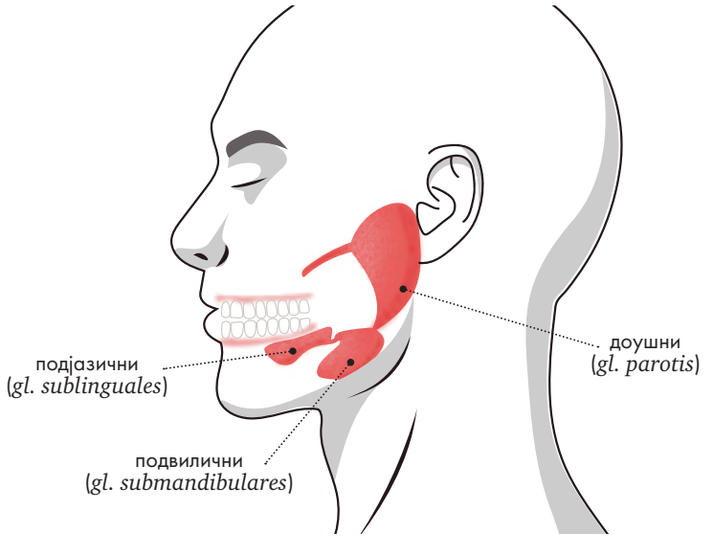
Плунковни жлезди (*glanduale salivales*) се жлезди што создаваат и лачат плунка (*saliva*). Кај човекот има три пара плункови жлезди различни според големина и местоположба: најголеми се доушните (*gl. parotis*), помали подјазичните (*gl. sublinguales*) и најмали се подвиличните (*gl. submandibulares*) [слика 2.11].



Во продукцијата на плунката учествуваат и мали плунковни жлезди (букални жлезди) кои се наоѓаат во слузокожата на ѕидот од усната празнина. Во зависност од конзистенцијата на храната (сува, полутечна, течна), се излачува од 1 до 1,5 L плунка во текот на денот. Плунката се состои од два различни секрета:

- **Серозен (воден)**, изграден од 99 % вода, ензими (птијалин, малтаза и лизозим) и соли на натриум, калиум, хлор, бикарбонатите и др. и
- **Мукозен**, густ и лигав секрет богат со муцин.

Секрецијата на плунка е стимулирана при внес на храна во устата, но и со помисла или гледање на храната, преку дразнење на центарот за саливација кој се наоѓа во продолжениот мозок.



Слика 2.11 →
Три пара плунковни жлезди во усната празнина: доушни, подјазични и подвилични.

Функција на усната празнина во дигестијата на храната

Во усната празнина се извршува механичка и почетна хемиска обработка на храната.

Механичката обработка на храната се остварува со учество на забите кои вршат механичко ситнење, дробење и џвакање (мастикацијата) на храната. Дополнително, со плунката се овозможува навлажнување на храната, со што се олеснуваат процесите на формирањето на залакот (болусот) и голтањето на храната (деглутацијата).

Плунката во својот состав содржи најмногу вода, но и минерални соли, ензими и лигав секрет муцин.

Во усната празнина внесената храна прво **механички** се обработува, а потоа започнува нејзина **хемиска** обработка.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Додека човекот е буден, секоја минута се излачува околу 0.5 ml на плунка, додека за време на спиењето, секрецијата се намалува. Плунката има мошне важна улога за одржување на здрава и чиста усна празнина. Усната празнина содржи патогени бактерии кои можат да предизвикаат забен кариес. Плунката ги измива патогените бактерии, како и остатоците од храна во устата; со што може да го спречи процесот на настанување на кариес. Плунката содржи и ензими кои учествуваат во уништување на патогените бактерии (од овие ензими најзначаен е лизозимот).

Хемиската обработка на храната во устата ги опфаќа само јаглехидратите (пред сè скробот), кој под дејството на птијалин (лингвална амилаза) се разградува на две молекули малтоза (дисахарид). Дополнителните компоненти на плунката (муцин, лизозим и бикарабонати) имаат специфична функција во обработка на храната што е прикажано на табела 2.5.

Табела 2.5. Улога на составните компоненти на плунката.

Птијалин (лингвална амилаза)	Врши хидролиза на скроб (полисахарид) до малтоза (дисахарид).
Муцин	Ја омекнува храната и се формира омекнат залак
Лизозим	Има бактерицидно дејство, уништувајќи ги микроорганизмите внесени со храната.
Бикарбонати	Имаат пуферно дејство со што ја одржуваат pH на устата во границите меѓу pH 6.5 и 7.5.

Голтник и хранопровод

Храната од усната празнина поминува низ **голтникот** (*pharynx*). Тој е мускулна цевка што продолжува во хранопровод. Од предната страна се наоѓаат два отвора (хоани) кои водат кон носната празнина. На самиот влез во хранопроводот се наоѓа и влезот на дишникот и затоа во голтникот се вкрстуваат патиштата за храна и воздух. Формираниот залак (болус) се потиснува во хранопроводот со голтање. Следи неволева рефлексна фаза – голтање. Мекото непце ги затвора отворите спрема носната празнина, непцето се стиснува, а се затвора и влезот во дишникот. Болусот низ хранопроводот понатаму брановидно се насочува кон желудникот со ритмичка контракција на мускулите од хранопроводот. При рефлексот на голтање, учествуваат најмалку 20 мускули кои се под контрола на центарот за голтање кој се наоѓа во продолгениот мозок.

Голтникот е мускулна цевка преку која храната преминува од усната празнина во хранопроводот. Тука се вкрстуваат патиштата за храна и воздух бидејќи на влезот на голтникот се наоѓа и влезот на душникот.

Хранопроводот (*oesophagus*) е мускулна цевка, долга околу 25 cm која го поврзува голтникот и желудникот. Во горниот дел е изграден од напречно-пругасти, а во долниот дел од мазни мускули. Внатрешната страна е обложена со слузница од клетките кои произведуваат заштитен слуз. На горниот и долниот дел од хранопроводот се наоѓаат мускулни сфинктери. При актот на голтање, горниот сфинктер се опушта што овозможува премин на залакот во хранопроводот. Потоа следи стегање на кружните мускули на хранопроводот кое брановидно се шири

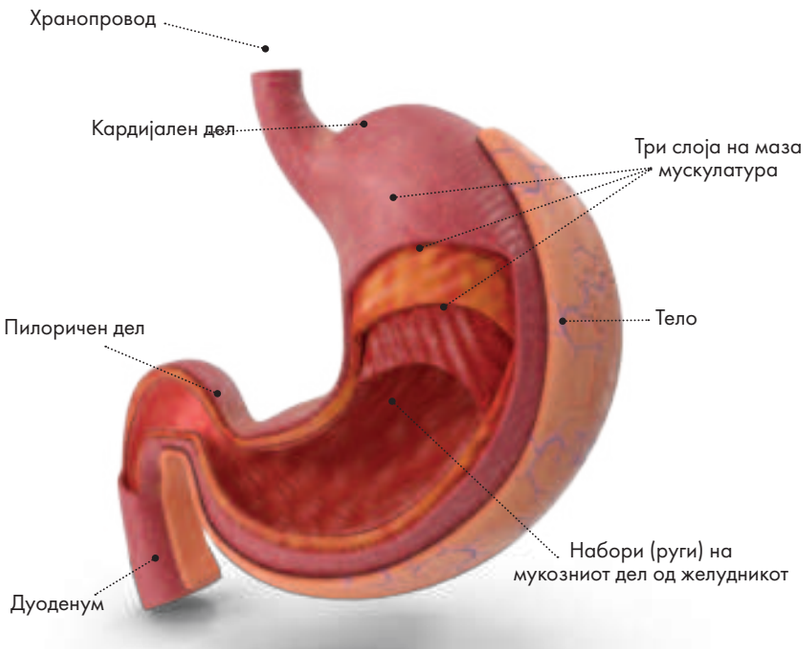
Хранопроводот го поврзува голтникот и желудникот. Изграден е од напречно-пругасти мускули во погорниот дел, а во долниот дел од мазни мускули. Актот на голтање е регулиран од страна на центарот за голтање во продолгениот мозок.



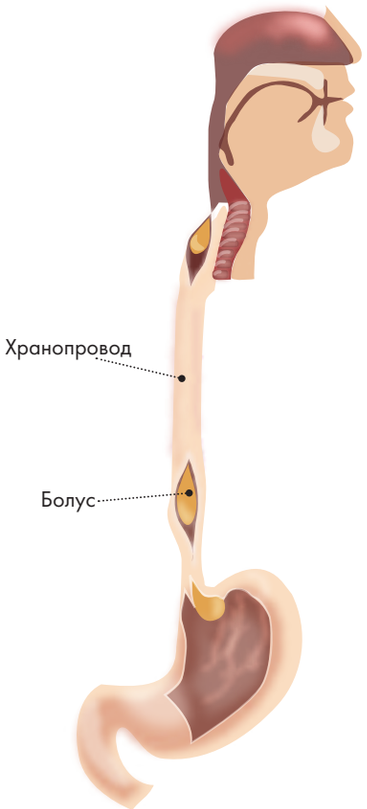
кон желудикот. Во моментот кога залакот ќе стигне пред влезот на желудникот се отвора долниот сфинктер и залакот преминува во желудникот [слика 2.12]. Целиот процес е под контрола на центарот за голтање. При премин од градната во стомачната празнина, хранопроводот минува низ дијафрагмата (мускулен орган кој ја одделува градната од стомачната празнина).

Желудник

Желудникот (*gaster*) е најширокиот дел на дигестивната цевка (форма на буква J), сместен од левата страна на стомачната празнина, под дијафрагмата. Анатомски и функционално се разликуваат три дела: 1. *кардијален дел (cardia)* – почетен и влезен дел на желудникот, кој продолжува во 2. *тело*, кое се стеснува и завршува со излез на желудникот - 3. пилорусен дел *(pilorus)*. На преминот од пилорусот во тенкото црево се наоѓа мускулен сфинктер кој го регулира празнењето на желудникот [слика 2.13]. На сликата се забележливи трите слоја на мазна мускулатура, како и бројните набори во мукозниот дел кои обезбедуваат еластичност на желудникот и негово проширување при влегување на храната.



Слика 2.13 →
Градба на желудник - кардија, тело и пилорус.



Слика 2.12→
Хранопровод и голтање.

Желудникот анатомски и функционално е поделен на три дела: cardia – почетен и влезен дел на желудникот, кое се стеснува и завршува со излез на желудникот – pilorus.

Химус – полутечна кашеста маса која се формира со мешање на залаците и желудочниот сок.

Механичка дигестија – контракција на мускули кои вршат мешање на храната.

Хемиска дигестија – со помош на три вида жлезди во слузокожата на желудникот кои лачат ензими, хлороводородна киселина, муцин и заедно со водата и минералните соли го сочинуваат желудочниот сок.

Функција на желудникот во дигестијата на храната

Желудникот е орган во кој се врши **механичка** и **хемиска** обработка на храната. Храната натопена со плунка и слуз во форма на залак, од хранопроводот влегува во желудникот. Залаците се мешаат со желудочниот сок и се формира полутечна кашеста маса наречена *химус*.

Механичката дигестија се изведува со контракцијата на трите слоеви мазни мускули, обложени со дебела слузокожа, кои вршат мешање на храната.

Хемиската дигестија се должи на присуството на три вида жлезди во слузокожата на желудникот кои лачат: ензими, хлороводородна киселина и муцин.

Овие три секрети, заедно со водата и минералните соли го сочинуваат желудочниот сок. Жлездите од желудникот секојдневно излачуваат околу 1-1,5 литар желудочен сок кој е бистра и безбојна течност со силно кисел вкус. Ензимите во состав на желудечниот сок ја започнуваат дигестијата на протеините и делумно на мастите од храната. Карактеристични желудечни ензими се: пепсин, лаб-фермент и желудочна липаза.

Компоненти на желудочен сок и нивна функција

Пепсинот дејствува врз протеините и овозможува нивно разложување до попрости белковини (пептиди). Простите белковини го поттикнуваат лачењето на хормонот **гастрин** кој ја зголемува секрецијата на HCl. Колку повеќе белковини се внесуваат со храната толку е поинтензивно лачењето на гастринот и HCl; **Лаб-фермент** дејствува врз засирување на белковината од млекото (казеин). Со тоа, казеинот подолго се задржува во желудникот за да може пепсинот да делува врз него и да го разгради; **Липазата** делува на емулгирани масти од млекото и ги разложува до глицерол и масни киселини; **Хлороводородна киселина** (**HCl**) дисоцира на H^+ и Cl^-, со што се зголемува киселата реакција во желудникот - во граници од 1,0 до 1,5 pH (кисела средина). Киселата средина овозможува:

- услови за активирање на пепсиногенот во пепсин [слика 2.14];
- бабрење на протеините и нивна подготовка за ензимско дејство;

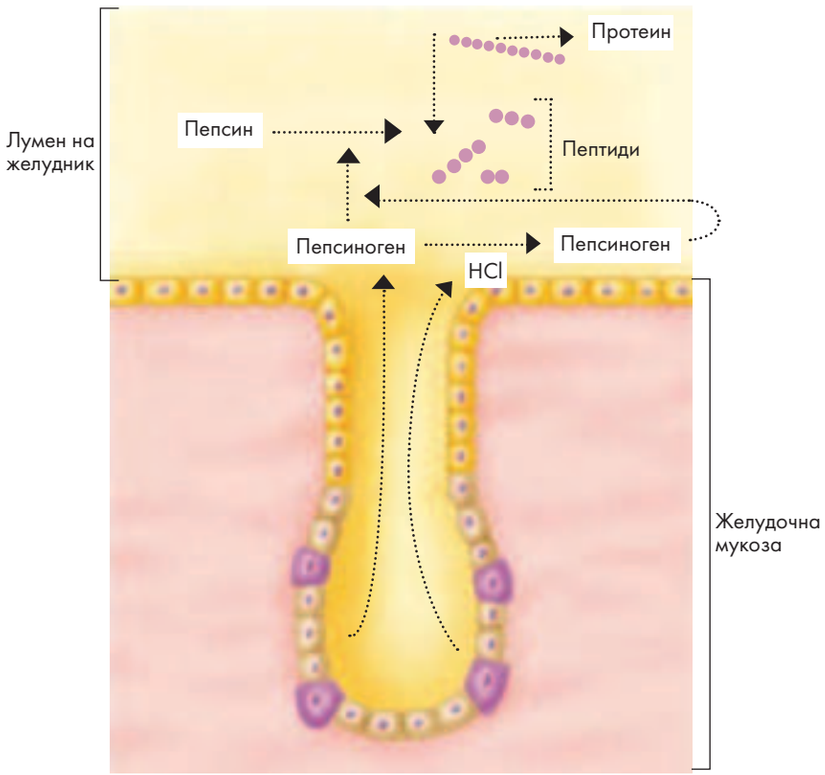
Ако сакаш да знаеш повеќе!

Врз секреција на желудочниот сок може да влијаат одредени емоции. Агресивност, лутина или стрес ја зголемуваат, а тага и страв ја стопираат секрецијата. Овие нервни импулси се пренесуваат преку *n. vagus* (нерв кој припаѓа на вегетативниот парасимпатичен нервен систем).



- бактерицидно дејство за микроорганизми внесени со храната и растворање на солите на железо, фосфор, калциум и др;

Муцинот, заедно со бикарбонатите од желудочниот сок, ја заштитува слузокожата на желудникот од разорното дејство на HCl и на пепсинот.



Слика 2.14 →
Улога на желудочната HCl во активирање на пепсинот од пепсиноген.

Компоненти на **желудочниот сок** се: пепсин кој дејствува врз протеините и овозможува нивно разложување до пептиди, лаб-фермент кој дејствува врз засирување на протеинот од млекото (казеин), липазата која делува на емулгирани масти од млекото и ги разложува до глицерол и масни киселини, хлороводородна киселина (HCl) и муцин кој ја заштитува слузокожата на желудникот.

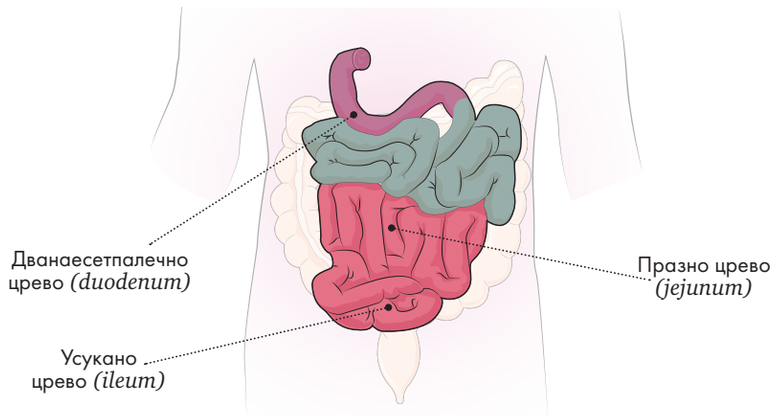
Тенко црево

Тенкото црево (*intestinum tenue*) се надоврзува на желудникот. Тоа е мошне долго (5-7 метри) и затоа зафаќа голем дел од стомачната празнина [слика 2.15]. Анатомски и функционално е диференцирано на 3 дела: дванаесетпалечно црево (*duodenum*), празно црево (*jejunum*) и усукано црево (*ileum*). Дуоденумот кај човек е долг околу 25-35 cm или дванаесет палци (од каде што потекнува името).

Ако сакаш да знаеш повеќе!

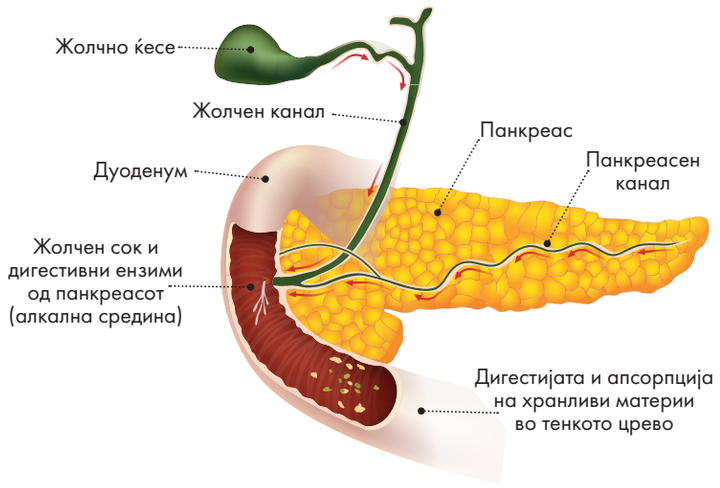
Храната во желудникот се задржува различно време. Така на пример, алкохол, лекови и некои токсини кои се лесно растворливи во вода, не се задржуваат долго во желудникот и брзо преминуваат во крвта, додека храна богата со протеини и масти може да остане во желудникот и до 7 часа по внесувањето.

Тенкото црево се надоврзува на желудникот и е диференцирано на 3 дела: дванаесетпалечно црево (duodenum), празно црево (jejunum) и усукано црево (ileum). Во неговиот почетен дел се влеваат одводните канали од црниот дроб и панкреасот преку кои се внесуваат и нивните секрети.



Слика 2.15 →
Анатомски компоненти на тенкото црево: дванаесетпалечно црево (околу 30 cm), празно црево (околу 2,5 m), усукано црево (околу 3,5 m).

Во почетниот дел од дуоденумот се влеваат одводните канали од црниот дроб (жолчни канали) и панкреасот (поджелудочната жлезда). Преку овие канали во дуоденумот се внесуваат панкреасот и жолчниот сок [слика 2.16].



Слика 2.16 →
Изводни канали на панкреас и жолчно ќесе, преку кои нивните дигестивни сокови се влеваат во дуоденум.

Основна карактеристика на слузокожата на тенкото црево е дека таа е набрана и на површината има бројни цревни ресички (*villi intestinales*) долги околу 1 mm. Овие ресички многукратно ја зголемуваат вкупната површина преку која се врши ресорпција на дигестираните состојки од храната (околу 200 m^2).



Цревните ресички содржат голем број крвни и лимфни садови со што се овозможува брза и интензивна ресорпција на разложените хранливи материи и нивно вклучување во крвта или лимфата [слика 2.17].



Слика 2.17 →
Цревни ресички преку кои се ресорбираат хранливите материи.

Основна карактеристика на тенкото црево е присуството на бројни **цревни ресички** (villi intestinalis) кои овозможуваат брза и активна ресорпција на разложените хранливи материи.

Ензимите од **панкреасниот сок** и **жолчниот сок** од црниот дроб овозможуваат разложување на јаглехидратите, протеините, мастите и нуклеинските киселини, до нивните мономерни молекули.

Функција на тенкото црево во дигестијата на храната

Дигестијата и најголемиот дел од ресорпцијата на дигестираните материи целосно завршува во тенкото црево. Во текот на еден ден, низ овој дел од дигестивното црево минуваат околу 9 литри течност, од кои само 5 % не се ресорбираат преку цревните ресички.

Во тенкото црево се одвива хемиското разградување на храната, пред сè како резултат на присуството на ензими од панкреасниот сок. На табела 2.6 се прикажани дигестивните ензими содржани во панкреасниот сок. Во присуство на овие ензими е овозможено разложувањето на јаглехидратите, протеините, мастите и нуклеинските киселини, до нивните мономерни молекули (моносахариди, амино киселини, глицерол, масни киселини и нуклеотиди).

Жолчните соли со емулгирање (разбивање на големите масни капки) ги подготвува триглицеридите за нивно разградување до глицерол и масни киселини.

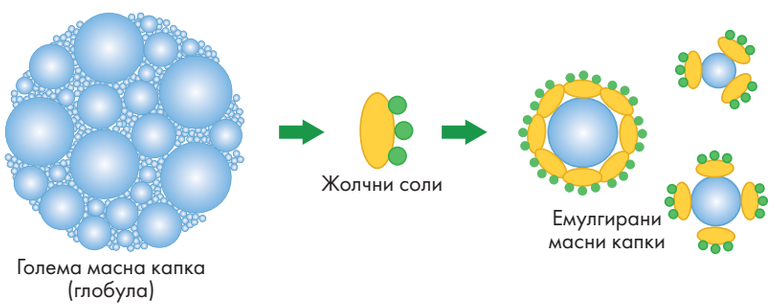
Брановидните (перисталтички) **движења** на мускулите од тенкото црево овозможуваат насочување на дигестираната храна кон дебелото црево.

Табела 2.6. Ензими од панкреасниот сок, супстрати и продукти на ензимските реакции.

Ензим	Супстрат	Продукт
Малтаза	Малтоза	Глукоза + глукоза
Сахараза	Сахароза	Глукоза + фруктоза
Лактаза	Лактоза	Глукоза + галактоза
Дипептидази	Дипептиди	Аминокиселини
Липази	Триглицериди	Масни киселини + глицерол
Нуклеотидази	Нуклеотиди	Нуклеозиди
Нуклеозидази	Нуклеозиди	Моносахариди и азотни бази

За комплетно разградување на мастите (триглицериди), покрај панкреасниот, важно е присуството и на **жолчниот сок** од црниот дроб. Жолчните соли со **емулгирање** ги подготвува триглицеридите за нивно разградување до глицерол и масни киселини [слика 2.18]. *Емулгирањето подразбира разбивање на големи масни капки на помали, со што стануваат погодни за делување на липазите во тенкото црево*. Жолчниот сок се создава во црниот дроб, а преку жолчните канали **се складира во жолчното ќесе**. Жолчниот сок, покрај жолчни соли, содржи вода, жолчни киселини, жолчни бои, и други неоргански материи.

Дигестираната храна со помош на брановидни (перисталтички) движења на мускулите на тенкото црево се насочува кон почетниот дел од дебелото црево.



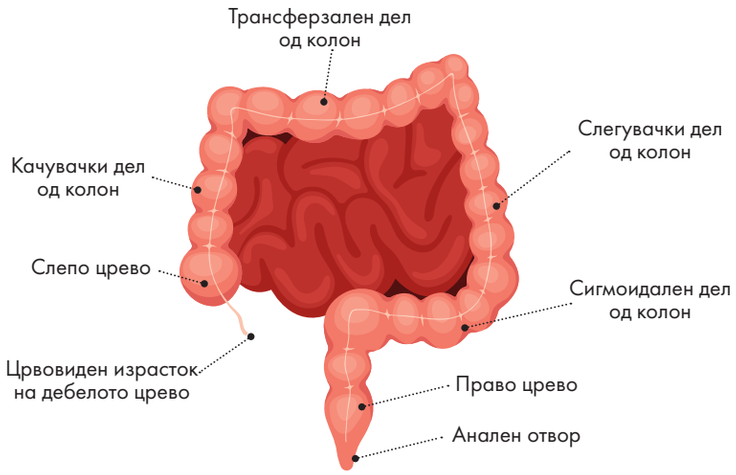
Слика 2.18 →
Емулгирање на масти во присуство на жолчни соли.



Дебело црево

Дебелото црево (*intestinum crassum*) е завршен дел од дигестивното црево. Дебелото црево за разлика од тенкото е покусо (околу 1,5 m), но со поголем дијаметар. Се диференцира на три дела: почетен дел или слепо црево (*caecum*), колон (*colon*), право црево (*rectum*) кое завршува со анален отвор (*anus*). Слепото црево се надоврзува на тенкото црево и на врвот се наоѓа 7-8 cm долг црвовиден израсток (*appendix vermiformis*), изграден од лимфно ткиво [слика 2.19].

Дебело црево – завршен дел од дигестивното црево што се диференцира на три дела: почетен дел или слепо црево (caecum), колон (colon), право црево (rectum) кое завршува со анален отвор (anus).



Слика 2.19 →
Делови на дебелото црево: слепо црево (caecum); црвовиден израсток (appendix vermiformis); колон (colon) - качувачки дел, напречен/трансферзален дел, слегувачки дел и сигмоидален дел; право црево и анален отвор (anus).

Во дебелото црево главно се ресорбира вода, витамини и се формира измет (feces).

Функција на дебелото црево во дигестијата на храната

Слузницата на дебелото црево нема ресички туку голем број прегради. Во слузницата има голем број клетки кои лачат слуз. Во дебелото црево главно се ресорбира вода, витамини и се формира фецес (*feces*). Во цревниот сок од дебелото црево отсуствуваат ензими, но присутна е активна цревна микрофлора која ги разградува несварените состојки од храната и при тоа се ослободуваат гасови (јаглерод диоксид, сулфур, водород, метан, азот и токсични материи како амонијак и др.).

Карактеристично за дебелото црево е присуството на **бактериска микрофлора** во неговиот цревен сок каде што се произведуваат витамин К, витамини од групата В: В12, В2 В1, биотин.

Микрофлората во дебелото црево содржи повеќе од 400 различни видови бактерии (бактериска микрофлора). Некои бактерии од цревната флора произведуваат хранливи материи што можат да се апсорбираат (витамин К, витамини од групата В- В12, В2 В1, биотин), масни киселини со краток синџир). Од

Перисталтика е начин на движење на мазните и напречно пругастите мускули на цревата од дигестивниот систем.

Долготрајната терапија со антибиотици ја уништува **микрофлората** во дебелото црево.

несварените состојки на внесената храна, од секретите и цревните микроорганизми, во дебелото црево се формира фецесот. Со активноста на мазните и напречно пругастите мускули (перисталтика) фецесот се насочува кон аналниот отвор и се отстранува од организмот со процесот на дефекација.

При долготрајна терапија со антибиотици, микрофлората од дебелото црево може да се уништи што претставува негативна последица од антибиотската терапија.

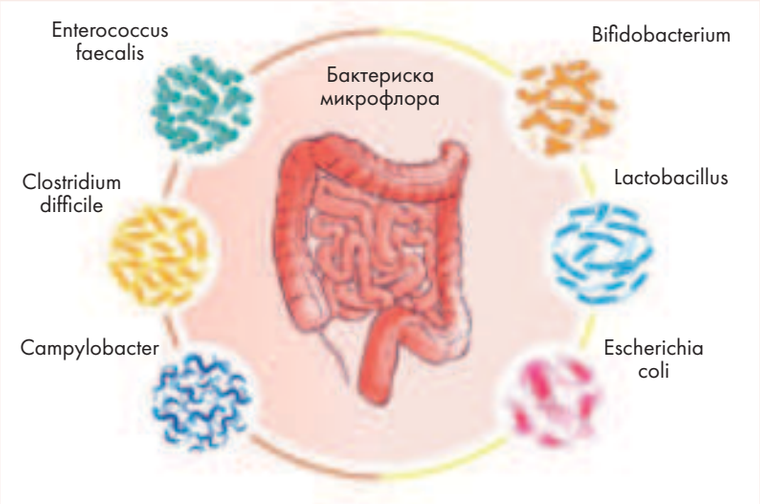
АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Составот на фецесот е приближно 30% бактерии, 10 до 20% маснотии, 10 до 20 % неоргански материи, 2 до 3% протеини и 30 % незаситени влакна и суви компоненти на дигестивниот сокови, како што се билирубин и неговите метаболити. Бојата на изметот првенствено се припишува на присуството на стеркобилин и уробилин, кои се метаболити на билирубин. Мирисот на фецесот се должи на присуството на бактериски нуспроизводи (индол, меркаптан, водород сулфид). Доколку дефекацијата е одложена подолго време, доаѓа до дополнителна апсорпција на водата, што го прави изметот поцврст (појава на запек). Од друга страна, доколку несварените (отпадните) состојки на храната се движат пребрзо низ цревата, во тој случај нема доволна апсорпција на водата, што доведува до појава на дијареа. Ова може да биде предизвикано при внесување на некои патогени микроорганизми. Разните диети, стресот и начинот на живот и исхрана, ја одредуваат фреквенцијата на движење на мускулатурата на дебелото црево. Бројот на движења (дефекации) на дебелото црево варира кај различни поединци (од 2 - 3 пати дневно или од 3 - 4 пати неделно).

Терминот **пробиотик** [слика 2.20] најчесто се користи за да се опишат корисните бактерии во нашиот дигестивен тракт што придонесуваат здрава состојба на организмот. Некои од корисните дејства на пробиотиците се подобрување на дигестивната и уринарната состојба, имунитетот и намалувањето на гојазноста (дебелината). Такви се *Lactobacillus sp.*, *Bifidobacterium sp.*, *Enterococcus faecalis* и други.

Недигестираните јаглехидрати и диететските влакна кои го поттикнуваат растот на корисни бактерии и ги намалуваат штетните патогени микроорганизми во дебелото црево се познати под терминот **пребиотици** (дегистиран скроб, олиго- фруктоза, пектин и други олигосахариди).





Слика 2.20 →
Бактериска микрофлора во дебелото црево.

ДОПОЛНИТЕЛНИ ОРГАНИ НА ДИГЕСТИВНИОТ СИСТЕМ

Панкреас

Панкреас - жлезда со двојна улога.

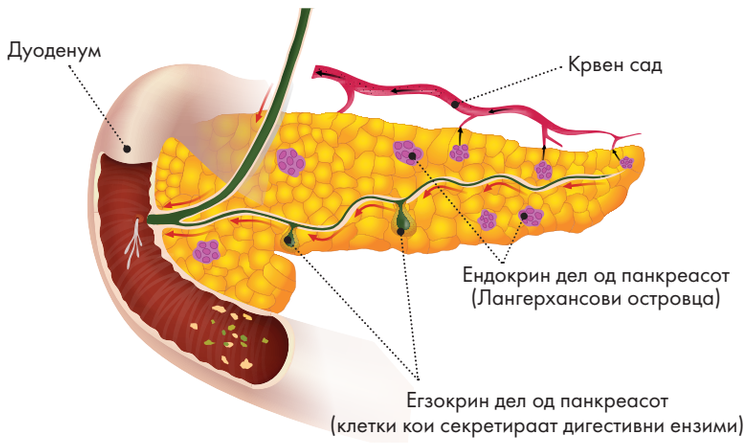
Панкреас (поджелудочна жлезда) е жлезда со двојна улога (ендокрина и егзокрина), сместена под желудникот и непосредно до дванаесетпалечното црево со кое е и анатомски поврзана преку панкреасниот канал [слика 2.21]. Панкреасот има листовидна форма со тежина околу 50 - 80 g.

Двојната улога, панкреасот ја остварува како:

- **Ендокрина жлезда** која лачи хормони, кои пред сè го регулираат нивото на глукозата во крвта (инсулин, глукагон и соматостатин). Хормоните се создаваат од клетките на Лангерхансови островца и се секретираат во крвта.
- **Егзокрина жлезда** која лачи панкреасен сок. Преку панкреасниот канал, сокот од панкреасот се излачува на почетокот на дванаесетпалечното црево и се вклучува во дигестијата. Дигестивниот сок од панкреасот се создава во бројни ацинуси (ацинус - грозд). Ацинусните клетки дневно излачуваат околу 1,5-2,0 литри панкреасен сок (pH 8-8.4) . Составот на панкреасниот сок е прикажан на табела 2.6.

Ендокрина улога на панкреасот – секреција на хормони, кои го регулираат нивото на глукозата во крвта (инсулин, глукагон и соматостатин).

Егзокрина улога на панкреасот – секреција на панкреасен сок кој во себе содржи дигестивни ензими, а се излачуваат во неактивна форма, како проензими.



Слика 2.21 →
Егзокрина и ендокрина функција на панкреас.

Сите дигестивни ензими кои панкреасот ги создава, се излачуваат во **неактивна форма (проензими)**, а се активираат во дванаесетпалечното црево

Сите дигестивни ензими кои потекнуваат од панкреасот се излачуваат во неактивна форма (проензими). Неактивните ензими се претвораат во активна форма во дванаесетпалечното црево под дејство на соодветни ензими (трипсиноген во трипсин, химотрпсиноген во химоптрипсин, проеластаза во еластаза).

Табела 2.6. Состав на панкреасен сок.

Органски материи		
Амилолитички ензими	Протеолитички ензими	Липолитички ензими
Панкреасна амилаза	Трипсин Химотрипсин Карбоксипептидаза Нуклеаза Еластаза	Панкреасна липаза Колипаза Фосфолипаза
Неоргански материи		
K^+, Na^+, Ca^+, Mg^+, HCO_3^-, Cl^-		
Вода		

Црн дроб – најголема жлезда во организмот со бројни и значајни функции поради што е наречен и „централна лабораторија".

Црн дроб

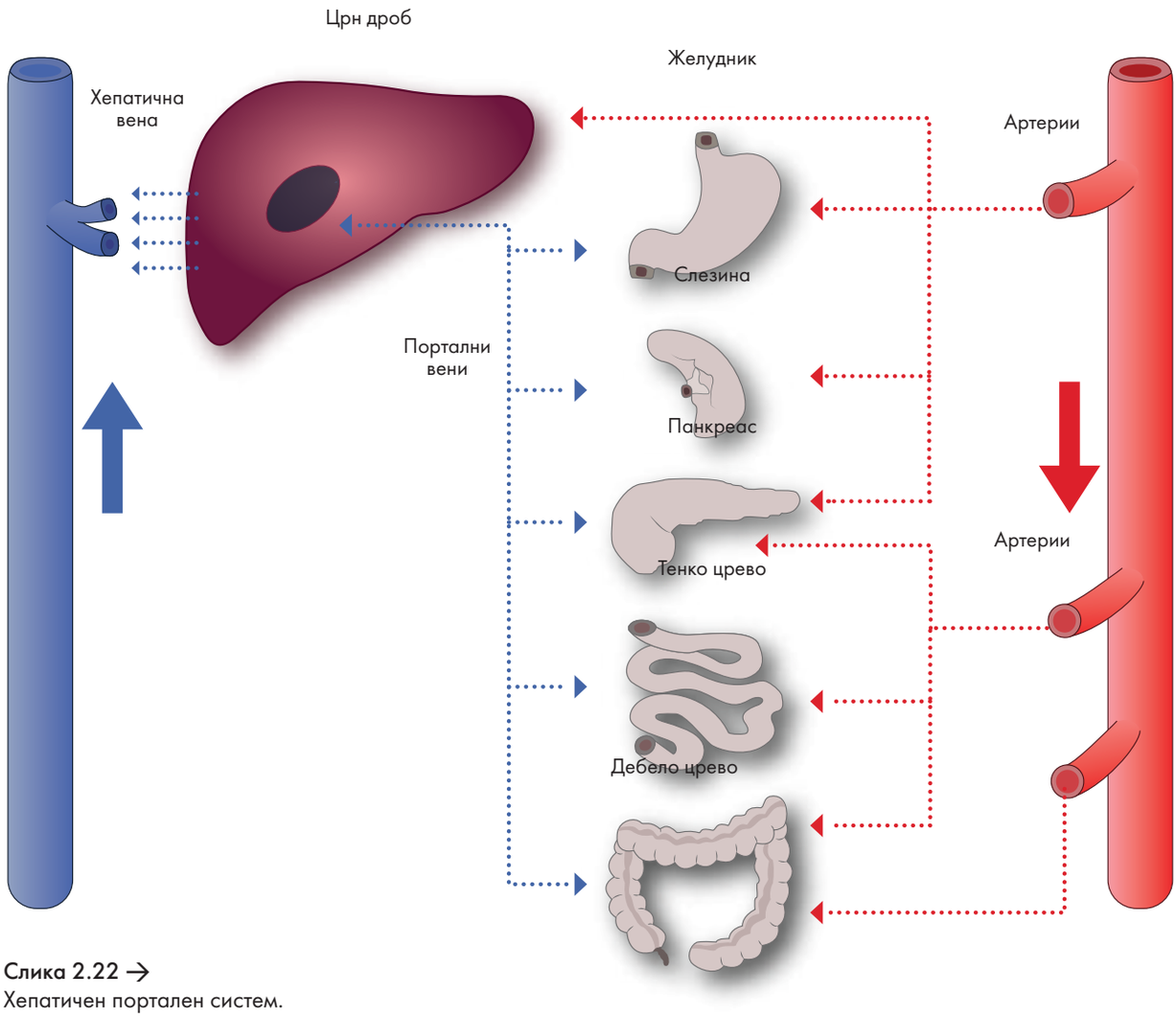
Црниот дроб (*hepar*) е најголемата жлезда во организмот со тежина од околу 2 kg. Сместен е на десната страна од стомачната празнина, под дијафрагмата. Се состои од лев и десен резен од кои излегува по едно изводно каналче. Двете каналчиња се соединуваат во црнодробен канал. Во близина на десниот резен е сместено жолчното ќесе. Клетките на црниот дроб (хепатоци-



ти) продуцираат дневно околу 600 ml жолчен сок кој се влева и складира во жолчното ќесе. Од него поаѓа жолчен канал кој се соединува со панкреасен канал во општ канал и се влева во дуоденумот [слика 2.16]. Крвта со сите ресорбирани хранливи материи од дигестивниот систем најнапред влегува во црниот дроб преку порталната вена (*v. portae*). Хепатоцитите ги обработуваат хранливите материи, токсините и отпадните материи кои ги носи крвта и потоа преку хепатичната вена, прочистената крв се упатува во долната шуплива вена.Дел од циркулацијата на црниот дроб и дигестивниот систем е прикажан на слика 2.22.

Црниот дроб извршува голем број функции во организмот, поради што е наречен „централна лабораторија“. Дел од функциите на црниот дроб се прикажани на сликата 2.23.

Црниот дроб учествува во процесот на дигестија со **жолчниот сок** кој го создаваат хепатоцитите. Тој се складира во жолчното ќесе и преку жолчен канал се излева во дуоденумот.



Слика 2.22 →
Хепатичен портален систем.



Слика 2.23 →
Дел од функциите на црниот дроб.

Во желудникот – ресорпција само на одредени материи (сол, некои витамини, јони на железото, алкохол, вода).

Во тенкото црево:

- Ресорпција на мономерните единици на јаглехидратите и протеините по нивна хидролиза;
- Ресорпција на липиди по нивна емулгација од страна на жолчните соли, а потоа и хидролиза на емулгираните честички.

Во дебелото црево – ресорпција на вода и електролити (натрум, калиум, хлориди).

Ресорпција на храната по должината на системот за дигестија

По должина на дигестивниот систем се одвива ресорпција на различни хранливи материи.Во *усната празнина* нема ресорпција на хранливи материи, но се врши апсорпција на мали количини на витамин C и некои лекови (пр. нитроглицерин).

Во *желудникот* настанува ресорпција само на одредени материи, како што се: готварска сол, некои витамини(витамин B12), јони на железото, алкохол и голем процент од внесената вода.

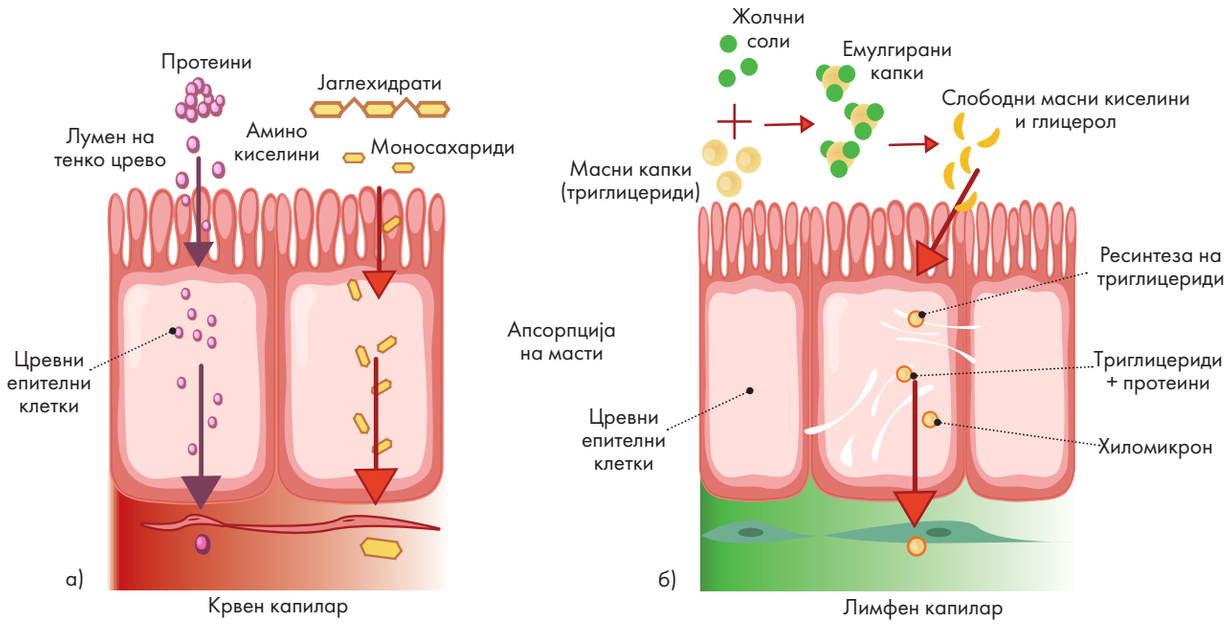
Ресорпцијата на мономерните единици од јаглехидатите, липидите и протеините се одвива во *тенкото црево*, но постои разлика во начинот на нивната ресорпција:

- По хидролиза на сложените **јаглехидрати** и **протеини**, добиените молекули на моносахариди и амино киселини преку епителните клетки на цревните ресички се ресорбираат директно во крвта [слика 2.24 а].
- **Липидите** во тенкото црево најнапред подлежат на емулгација од страна на жолчните соли. Потоа следи хидролиза на емулгираните честички, се добива глицерол и масни киселини. Глицеролот лесно се раствора во вода и како таков се ресорбира. Жолчните соли ги опкружуваат масните киселини и моноглицеридите и формираат мицели кои можат да се транспортираат низ интестиналните ресички. Во клетките на цревните ресички настанува



ресинтеза на триглицериди од масните киселини и глицерол и се создаваат хиломикрони кои преминуваат во лимфа [слика 2.24 б].

Во горниот дел на дебелото црево се одвива ресорпцијата на вода и електролити (натрум, калиум, хлориди).



Слика 2.24 →
Ресорпција на хранливи материи.
а) ресорпција на моносахариди и амино киселини,
б) ресорпција на масни киселини и глицерол

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Интересни податоци за pH-средината како услов за дејство на дигестивните ензими и времето на задржување на храната по должина на дигестивниот тракт.

Дел од дигестивен систем	pH - средина	Времето на задржување на храната
Плунка	6,5 - 7,5	1 минута
Горен дел на желудник	4,0 - 6,5	30 - 60 минути
Долен дел на желудник	1,5 - 4,0	1 - 3 часа
Дуоденум	7,0 - 8,5	30 - 60 минути
Тенко црево	4,0 - 7,0	1 - 5 денови
Дебело црево	4,0 - 7,0	од 10 часа до неколку денови

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Хиломикроните се ситни масни капки (со пречник од 100-500nm) обвиени со протеинска обвивка. Тие се продукт на хидролизата на мастите. Овие масни капки се ресорбират во епителните мукозни клетки на тенкото црево каде се ресинтетизираат во триацилглицероли-хиломикрони.

Кратка содржина

- За разлика од растенијата кои сами ја создаваат храната преку процесот на фотосинтеза, човекот и животните ги внесуваат хранливите материи и на тој начин обезбедуваат енергија.
- Главните компоненти на храната се:
  - Јаглехидрати (шеќери) – брзо согоруваат, а при тоа се ослободува голема количина на енергија во форма на ATP. Јаглехидратите се поделени на прости (моно- и дисахариди) и сложени (полисахариди), а во организмот се разложуваат до моносахариди. Најзначајни јаглехидрати се: глукоза, скроб, гликоген и диетески влакна.
  - Масти (липиди) – претставуваат најконцентриран извор на енергија во организмот, но имаат и градбена и заштитна улога. Се делат на заситени и незаситени масни киселини. Се разложуваат до масни киселини и глицерол.
  - Белковини (протеини) – имаат градбена улога во организмот. Тие се изградени од аминокиселини.
  - Микронутиренти (витамини и минерали). Минералите имаат значајна улога во повеќе процеси, како што се: одржување на осмотската хомеостаза, учествуваат во нервна и мускулна активност, активирање на ензимите и друго. Витамините се органски молекули и се составен дел на ензимите, наречен коензим. Витамините се поделени на витамини растворливи во вода и витамини растворливи во масти.
  - Водата е значајна за организмот бидејќи претставува медиум за одвивање на сите метаболички реакции.
- Храната има неколку физиолошки улоги во организмот:
  - Енергетска (создавање ATP, со што се овозможува непречено одвивање на сите енергетските потреби поврзани со: физичките и умствените активности на човекот, одржување на работата на внатрешните органи и телесната температура, транспорт на материите во организмот и др.). Главен извор на енергија за организмот на човекот се јаглехидратите и мастите, а во помала мера и протеините.
  - Градбена (содавање и обновување на клетките и ткивата, раст и развој на организмот). Главен извор се протеините.
  - Регулаторно-каталитичка (некои основни функции во организмот, пред сé се поврзани со регулација, како на пример, регулација на работата на срцето, телесната температура и др.). Главен извор се витамините и минералите, кои учествуваат во градбата на ензимите.
- Со оглед на тоа дека во организмот има постојан внес и излез на материи, односно тој пртставува отворен систем, потребно е постојано одржување на нивото на материите во организмот. Таквиот процес на постојано одржување се нарекува динамичка рамнотежа.
- Дигестивниот систем има улога да ја преработи внесената храна во состојки кои организмот може да ги искористи за: енергија, градба и одвивање на физиолошките процеси.
- Храната која се внесува (ингестија) се обработува механички и хемиски (дигестија), а потоа се врши нејзина ресорпција, а на крај непотребните материи се исфрлаат (егестија).
  - Механичката обработка подразбира: ситнење на храната на помали парчиња со помош на забите од усната празнина; перисталтички движењата на мазните мускули од хранопроводот, со што преминува во желудникот; движења на мускулите од желудникот.
  - Хранливите материи (шеќери, масти, белковини) се разградуваат до нивните попросто градени делови (мономерни единици). Хемиската обработка на храната опфаќа низа реакции во кои органските молекули од храната се хидролизираат со помош на водата и ензимите.

Храната започнува да се разложува со хемиска обработка уште во усната празнина (разложување на скробот), потоа продолжува во желудникот каде што се разградуваат протеините и завршува во тенкото црево каде што се одвива целосната дигестија и ресорпција на храната.

- Разложените материи се ресорбираат преку крвотокот. Водата, витамините и минералите можат да преминат во циркулацијата без да претрпат структурни промени.

- Дигестивниот систем кај човекот е составен од: усна празнина, голтка, хранопровод, желудник, тенко црево и дебело црево, кое завршува со анален отвор. Жлездите кои припаѓаат на овој систем се дополнителни органи и тоа се: плунковните жлезди, црниот дроб и панкреасот.
- Главни делови на усната празнина се: јазикот, забите, непцата и плунковните жлезди. Тука се одвива механичка и хемиска обработка на дел од хранливите материи (јаглехидрати).
- Голтката (pharynx) ја спроведува храната во хранопроводот, кој претставува мускулна цевка (изградена од напречно-пругасти и мазни мускули) обложена со слуз.
- На желудникот, анатомски и функционално, се разликуваат три дела: влезен дел (cardia), тело и излезен дел (pilorus). Во него се врши механичка, и хемиска обработка на храната (протеини и делумно на масти) под дејство на желудочниот сок кој содржи ензими, хлороводородна киселина и муцин (се лачат од жлездите во слузокожата на желудникот), вода и минерални соли.
- Тенкото црево, во поглед на неговата анатомија и функција, се дели на три дела: дванаесетпалечно црево (duodenum), празно црево (jejunum) и усукано црево (ileum). Во тенкото црево завршува хемиската обработка на храната (јаглехидратите, протеините, мастите), пред сè како резултат на ензимите од панкреасниот сок. Внатрешноста на тенкото црево е обложена со слузокожа, на која се наоѓаат цревни ресички, преку кои се врши ресорпција на хранливите материи.
- Дебелото црево е завршниот дел од системот за дигестија. Изградено е од: почетен дел или слепо црево (caecum), колон (colon) и право црево (rectum) кое завршува со анален отвор (anus). Во него се врши ресорпција на вода и витамини и се формира фецес.
- Панкреасот е жлезда со двојна улога: егзокрина (лачи панкреасен сок) и ендокрина (лачи инсулин, глукагон и соматостатин).
- Црниот дроб (hepar) е најголемата жлезда во организмот. Се состои од лев и десен резен од кои излегува по едно изводно каналче. Црниот дроб учествува во голем број функции на организмот (синтеза на биохемиски материи неопходни за дигестија и растење, синтеза на протеини, продукција на жолчен сок, детоксификација на различни метаболити и др.), поради што е наречен „централна лабораторија".
- Хранливите материи се ресорбираат долж дигестивниот систем. Во устата се ресорбира само мала количина на вит. C и некои лекови, додека во желудникот само одредени материи (готварска сол, вит. B12, алкохол, јони на железо и голем процент на вода). Најголема ресорпција на мономерите од органските материи се одвива во тенкото црево, додека пак во дебелото црево и тоа во неговиот горен дел се ресорбираат водата и електролитите - натриум, калиум и хлоридите.

ПРОВЕРЕТЕ ГО ВАШЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Која е врската меѓу дигестивниот и циркулаторниот систем!
2. На кој начин човекот и животните се снабдуваат со потребната енергија?
3. Кои се главните состојки на храната?
4. Наведи ја улогата на храната во организмот!
5. Опиши ги деловите од кои е составен дигестивниот ситем? Наведи ја улогата на секој од нив!
6. Во кои органи од дигестивниот систем се врши механичка обработка на храната, а во кои хемиска?
7. Каде се разградуваат јаглехидратите и под дејство на кои ензими?
8. Во кои органи започнува разложувањето на мастите и под дејство на кои ензими?
9. Каде се одвива разградувањето на протеините и кои ензими учествуваат во тој процес?
10. Наведи ги мономерните единици на главните хранливи компоненети!
11. Кои хранливи материи се ресорбираат без да се разложуваат?
12. Зошто се значајни витамините и минералите?
13. Што се ензими и која е нивната улога?
14. Зошто е неопходно да пиеме вода?
15. Што е динамичка рамнотежа и зошто е важна?
16. Анализирај го составот на храната на твојот последен оброк и наведи што се случува со секоја од состојките!
17. Набројте три вида молекули од храната, кои се доволно мали за да се ресорбираат!
18. Во кои органи од дигестивниот систем има микроорганизми и која е нивната улога?
19. Дигестивниот систем има антибактерицидно дејство. Објасни кои делови ја вршат оваа функција!
20. Наведи пример за една ензимска реакција!



3 Крвоносен систем

Во ова поглавје ќе учите за

- Крв, состав и функција на крвта
- Крвни групи, Rh-фактор, трансфузија
- Градба и функција на крвните садови и движење на крвта низ нив
- Голем (телесен) крвоток.
- Белодробен (мал) крвоток
- Лимфа, лимфни садови и лимфоидни органи
- Градба и функција на срце
- Срцев автоматизам и срцев циклус
- Регистрација на биоелектричните промени во срцето
- Природен и вештачки имунитет

Крвниот (кардиоваскуларен) систем претставува затворен систем и се состои од **крвни садови** (артерии, вени и капилари), телесна течност (васкуларна) и **срце**, кое има улога на пумпа и обезбедува постојана циркулација на крвта [слика 3.1 а]. Циркулацијата на телесната течност се овозможува како резултат на разликата во притисоците низ системот.

Крвта е течно сврзно ткиво во организмот на човекот. **Основни функции на крвта** се: транспортна, одржување на општата хомеостаза во организмот и коагулација.

Основната улога на крвта е пренесување на хранливи материи и кислород до клетките и ткивата, и обратно.

Преку крвта се транспортираат јаглеродниот диоксид и крајните метаболички продукти од периферните ткива до органите за нивна елиминација од организмот.

Крвта е телесна течност преку која се транспортираат во организмот и хормони, ензими, материи со заштитна улога и др. Крвта има и топлотно-транспортна улога која

Кардиоваскуларниот систем е затворен систем од **крвни садови** (во кои циркулира крв) и **срце** кое обезбедува постојана циркулација на крвта.

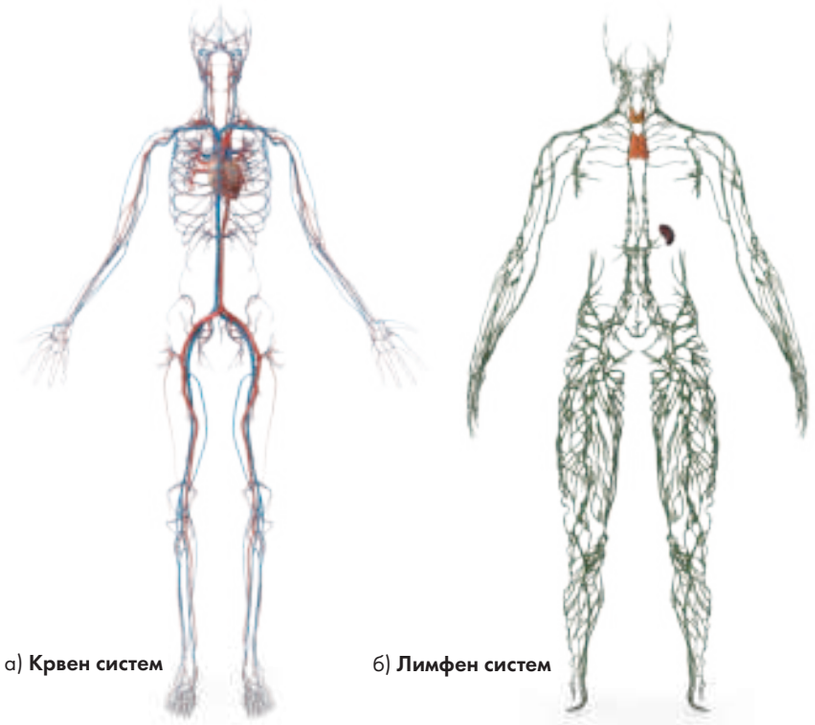
Крвта е течно сврзно ткиво составено од клеточни (формативни) елементи и крвна плазма.

Формативните елементи на крвта се: еритроци, леукоцити и тромбоцити.

Лимфниот систем е од отворен тип. Има транспортна и одбранбена улога.

е значајна во одржување на константна телесна температура, како и одржување на комплетна хомеостаза во организмот (на пример: pH, осмоларност и др.).

Покрај крвта, во транспортот на материите низ човековото тело учествува и **лимфниот систем** како составен дел на циркулаторниот систем [слика 3.1 б]. Лимфниот систем, за разлика од кардиоваскуларниот, е од отворен тип и се состои од **лимфа** (течен дел), **лимфни садови** (капилари и вени), **лимфни јазли** и **лимфоидни органи**. Лимфниот систем, освен што учествува во транспорт на некои материи, одговорен е и за заштита од бактерии и други микроорганизми кои може да се присутни во циркулаторниот систем (повеќе за ова во делот: Лимфа и лимфоток).



а) **Крвен систем** б) **Лимфен систем**

Слика 3.1 →
Циркулаторен (крвен - а. и лимфен - б.) систем кај човекот.

КРВ

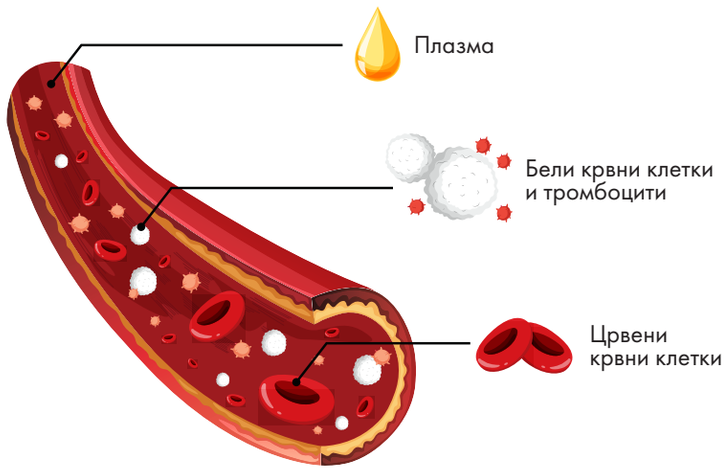
Крвта, како единствено течно ткиво се состои од **клеточни елементи** (крвни клетки и тромбоцити) и **крвна плазма**. Клеточните елементи уште се наречени и *формативни елементи* и ги вклучуваат црвените крвни клетки - *еритроцити*, белите крвни клетки - *леукоцити* и крвните плочки - *тромбоцити* [слика 3.2]. Од целокупниот волумен на крвта, околу 55 % отпаѓа на крвната плазма, а 45 % отпаѓа на крвните клетки (што ја прави крвта



околу пет пати повискозна од водата) Волуменскиот однос на крвните клетки со крвната плазма е наречен **хематокрит**.

Кај возрасен човек (60 kg) крвта опфаќа околу 8 % од вкупната телесна тежина. Мажите имаат 5-6 литри крв, додека жените имаат 4-5 литри крв. Кај здрава индивидуа, вредноста на pH на крвта изнесува 7.35 - 7.45 и овие вредности се одржуваат константно (постојано) од страна на пуферските системи присутни во крвта (pH хомеостаза).

Хематокрит претставува волуменси однос на крвните клетки со крвната плазма.



Слика 3.2 →
Плазма и крвни (формативни) елементи.

Формативни елементи

Еритроцитите (**црвени крвни клетки**) се создаваат во црвената коскена срцевина од матични клетки кои во првите неколку дена имаат јадро. Во процесот на созревање, овие клетки го губат јадрото и се создаваат ретикулоцити од кои се формираат зрели еритроцити (без јадро, митохондрии и рибозоми). Кај човекот, просечниот живот на еритроцитите е 120 дена. Тие имаат форма на двојно вдлабнат диск (биконкавна форма), со должина од 7 до 8 микрони и ширина од 2 микрони [слика 3.3 а]. Бројот на еритроцитите варира во зависност од полот. Кај жените се движи во границите од 4 до 4,5x10^{12}/L крв, додека кај мажите од 5 до 5,5x10^{12}/L.

Еритроцитите имаат биконкавна форма, немаат јадро и содржат крвен пигмент – хемоглобин кој има клучна улога во процесот на размена на гасови.

Внатрешната содржина на еритроцитите е исполнета со крвен пигмент - **хемоглобин** кој има клучна улога во процесот на размена на гасови. Хемоглобинот е изграден од **хем** и **глобин** [слика 3.3 б]. Големата протеинска молекула на хемоглобинот се состои од четири протеински синџири - **глобини**, а за секоја од нив е врзан црвен пигмент - **хем** изграден од порфиринско јадро и јон на железо (Fe^{2+}). Секој јон на железо (вкупно 4 јони)

Хемоглобинот се состои од четири протеински синџири наречени глобини кои се поврзани за црвен пигмент наречен хем, изграден од порфиринско јадро и јон на железо Fe^{2+}.

Леукоцитите се делат на:
- Гранулоцити – во нив спаѓаат:
  1. неутрофилни,
  2. базофилни и
  3. еозинофилни

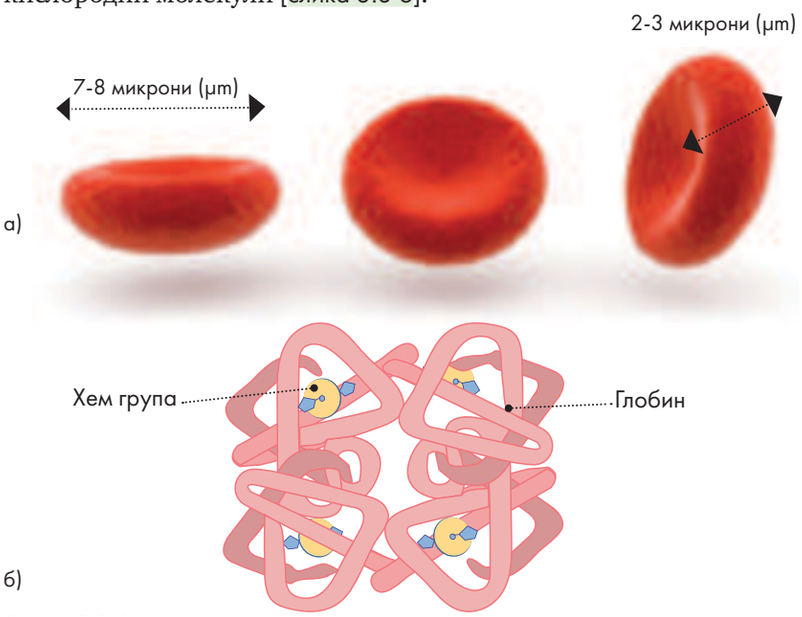
  леукоцити.
- Агранулоцити – во нив спаѓаат **моноцитите** кои созреваат во макрофаги и лимфоцитите (Т и В-лимфоцити).

Тромбоцити – клеточни фрагменти кои немаат јадро чија функција е да спречи крварење (хемостаза).

Оксихемоглобин е соединение со светлоцрвена боја кое се создава на ниво на белодробните капилари кога хемоглобинот се врзува со кислородот од воздухот.

Карбаминохемоглобин е соединение кое се добива на ниво на ткивните капилари, кога хемоглобинот се врзува со јаглеродниот диоксид и го транспортира до белодробните капилари.

може да се поврзе со една молекула на кислород. Ова значи дека секоја молекула на хемоглобин може да врзе и пренесе четири кислородни молекули [слика 3.3 б].



Слика 3.3→
а) Форма на еритроцити б) градба на хемоглобин.

Врзувањето на кислородните молекули за хемоглобинот настанува на ниво на белодробните капилари. Кислородот се врзува за јоните на железо (од хемот), и на тој начин се создава **оксихемоглобин**. Оксихемоглобинот кој има светлоцрвена боја, преку крвотокот, патува до сите ткива, односно клетки, каде што го ослободува кислородот и преминува во редуциран **деоксихемоглобин** кој е со темноцрвена боја. На ниво на ткивните капилари, хемоглобинот се врзува со јаглеродниот диоксид (создаден во клетките) при што се создава **карбаминохемоглобин** (познат како **карбохемоглобин**). Преку крвта, хемоглобинот во форма на карбохемоглобин го пренесува јаглеродниот диоксид до белодробните капилари. Со ослободувањето на јаглерод диоксид од крвта во белите дробови се овозможува врзување на нови молекули на кислород за хемоглобинот. Со оваа функција на хемоглобинот се остварува процесот на размена на гасови (кислород и јаглерод диоксид), како на ниво белите дробови, така и на ниво на секоја клетка.

Формирањето на оксихемоглобин и карбохемоглобин зависи и од афинитетот за врзување на хемоглобинот (врзувањето на кислородот со послаба врска). Покрај афинитетот за врзување на O_2 и CO_2, хемоглобинот има најголем афинитет за врзување на јаглеродниот моноксид (CO).



Во услови на присуство на CO се формира мошне стабилен комплекс познат како **карбоксихемоглобин**. Ова е една од најголемите причини за труење во услови кога организмот е изложен на висока концентрација на јаглероден моноксид.

Леукоцитите, за разлика од еритроцитите, се клетки кои поседуваат јадро. Основните карактеристики на леукоцитите е нивната способност за **амебовидно движење, дијапедеза, хемотаксија** и **фагоцитоза**. Како резултат на овие особини, леукоцитите се првите клетки што се вклучуваат во одбраната на организмот. Кога настанува инфекција или воспалителен процес во ткивата, како резултат на способноста за амебовидно движење и дијапедезата, леукоцитите можат да излегуваат од крвните садови. Преку позитивна хемотаксија леукоцитите се движат кон инфицираното ткиво каде што се вклучуваат во процесот на фагоцитоза.

Во зависност од големината, формата, а особено во зависност од присуството на гранули [слика 3.4], леукоцитите се поделени на **грануларни** и **агрануларни**.

Во зависност од својствата на боење на гранулите, грануларните леукоцити (гранулоцити) се делат на:

1. **неутрофилни**;
2. **базофилни** и
3. **еозинофилни леукоцити**.

За гранулоцитите е карактеристично присуство на гранули во нивната цитоплазма како и присуство на сегментирани јадра. Заедно со еритроцитите, овие клетки, се формираат во коскената срцевина од иста матична клетка.

Агрануларните леукоцити (агранулоцити) не содржат гранули во цитоплазмата и имаат несегментирани јадра. Во оваа група спаѓаат **моноцитите** (кои созреваат во макрофаги) и **лимфоцитите** (Т и В-лимфоцити). Моноцитите и лимфоцитите потекнуваат од различни клетки [слика 3.7]. Агранулоцитите настануваат во лимфните јазли, слезината, крајниците и градната жлезда (тимус). Овие клетки имаат големо значење во клеточниот имунитет [слика 3.4].

Карбоксихемоглобин е мошне стабилен комплекс формиран помеѓу хемоглобин и јаглерод моноксид кон кој хемоглобинот има најголем афинитет. Ова соединеие е штетно за организмот.

Леукоцитите поседуваат јадро и органели. Имаат способност за **амебовидно движење, дијапедеза, хемотаксија** и се првите клетки вклучени во одбраната на организмот.

Интересен податок

Биконкавната форма на еритроцитите обезбедува поголема површина преку која ќе се изврши размената на гасовите (кислород и јаглерод диоксид).

Еден еритроцит може да содржи околу 300 милиони молекули на хемоглобин и затоа може да транспортира до 1,2 милијарди молекули на кислород.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Зголемувањето на бројот на еритроцитите над горната физиолошка граница се нарекува еритроцитоза, додека намалувањето, еритропенија.

Кај човек, бројот на еритроцитите може да се менува (расте) при престој на повисока надморска височина. Така, луѓето кои живеат во планински предели, односно населени места на поголема надморска височина, имаат поголем број еритроцити. Оваа физиолошка појава е поради намалениот парцијален притисок на кислородот во воздухот.

Размисли и објасни зошто се препорачува престој на планина кога некоја особа има намален број на еритроцити?

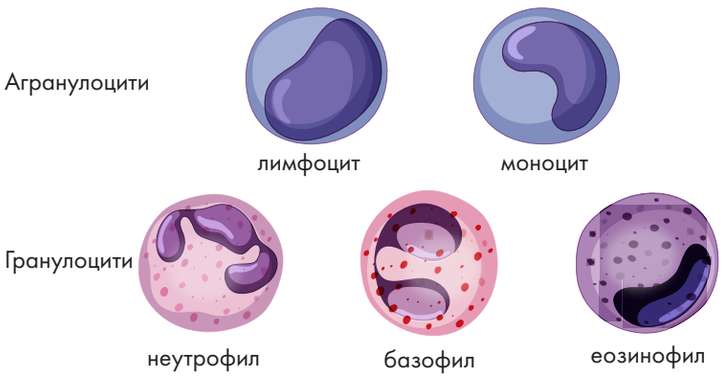
Во зависност од присуството на гранули, леукоцитите се поделени на **гранулоцити** и **агранулоцити**.

Гранулоцитите се делат на:
1. неутрофилни,
2. базофилни и
3. еозинофилни леукоцити.

Гранулоцитите имаат сегментирани јадра и изобилство на гранули во цитоплазмата. Тие се формираат во коскената срцевина, заедно со еритроцитите од матични клетки.

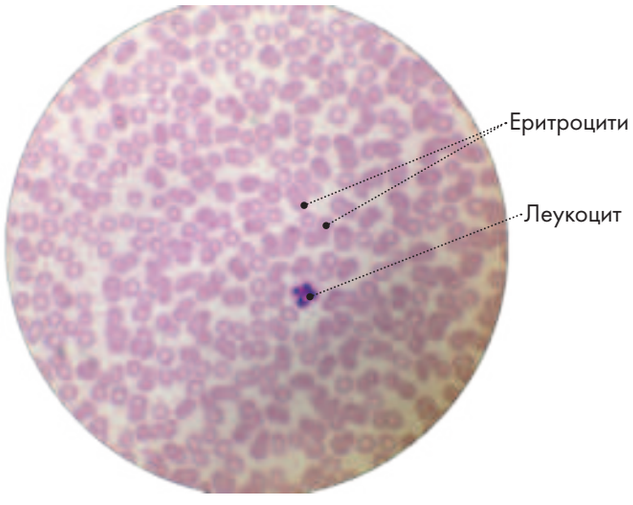
Агранулоцитите (моноцити и лимфоцити) имаат несегментирани јадра и не содржат гранули во цитоплазмата. Тие имаат улога во клеточниот имунитет и настануваат во лимфните јазли, слезината, крајниците и тимусот.

Тромбоцити - крвни плочки, се крвни елементи кои не поседуваат јадро. Нивната функција е запирање на крварење при повреда на крвен сад (хемостаза).



Слика 3.4 →
Видови леукоцити.

Леукоцитите се поголеми, но помалубројни во споредба со еритроцитите [слика 3.5 и слика 3.6]. Бројот на леукоцитите може да варира во физиолошки граници од 4 до $8x10^9$/L крв. Повеќето типови леукоцити имаат многу пократок животен век од оној на еритроцитите (од неколку минути до неколку часа во состојба на акутна инфекција). Леукоцитите се составен дел на крвта, но ги среќаваме и во лимфата и меѓуклеточната течност.



Слика 3.5 →
Фотографија од микроскопски препарат на крв (крвна размаска) (зголемување 600 пати). На фотографијата може да се забележи дека во едно видно поле доминираат еритроцитите а се појавува само еден леукоцит.

Тромбоцити или крвни плочки се фрагменти од клетки кои немаат јадро [слика 3.6 в]. Токму затоа, за нив се користи термин крвни елементи наместо крвни клетки. Основната функција на тромбоцитите е спречување на крварење (**хемостаза**). По нивното создавање во коскената срцевина, приближно една третина од тромбоцитите се складираат во слезината, а се ослободуваат при повреда на крвен сад. Хемостазата се остварува како резултат на присуството на ензимот тромбопластин (тромбо-



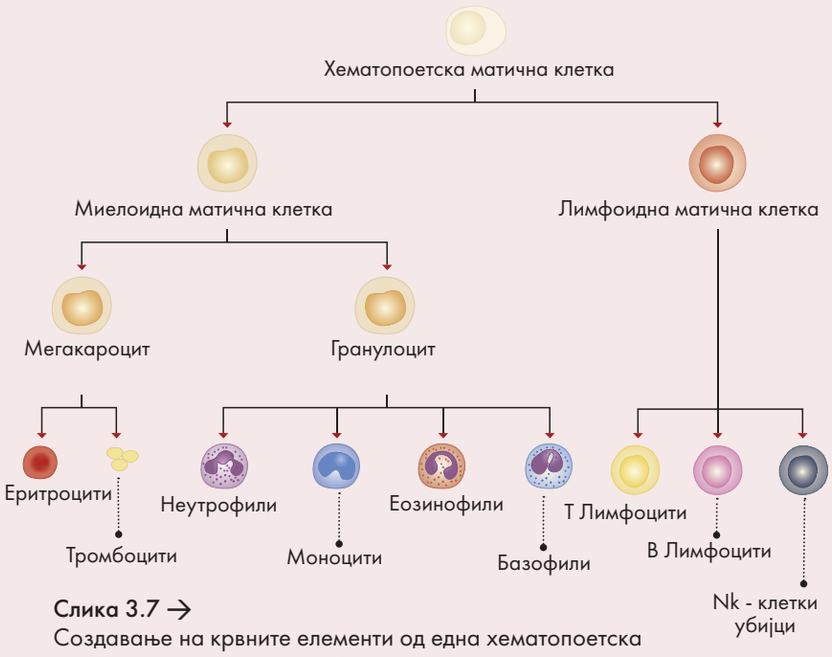
киназа) и серотонин (ткивен хормон) во тромбоцитите. При оштетување на крвен сад, повеќе тромбоцити се слепуваат меѓусебно, при што ослободениот серотонин врши вазоконстрикција (стеснување) на оштетените крвни садови, додека тромбопластинот е одговорен за отпочнување на процесот на коагулација на крвта.

Освен улогата во хемостаза, тромбоцитите секретираат различни фактори на раст кои се неопходни за регенерација на ткивата (особено на сврзните ткива).

Во споредба со другите формативни елементи, тромбоцитите се релативно мали [слика 3.6 в], со дијаметар од 2 до 4 микрони, а бројот е во граници 140 - 340 x 10^9/L крв. Во циркулацијата остануваат само околу 10 дена, а потоа се фагоцитираат од страна на макрофагите.

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

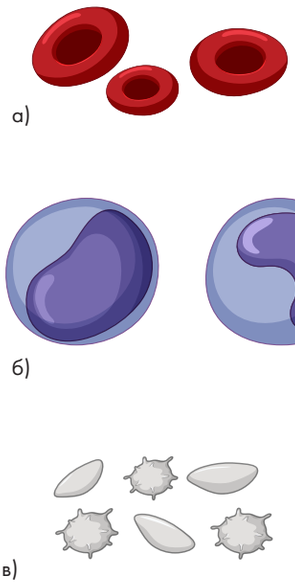
Сите формативни елементи произлегуваат од една хемопоетска матична клетка или хемоцитобласт. Процесот на создавање на формативни елементи (крвни клетки и тромбоцити) се нарекува хематопоеза [слика 3.7].



Слика 3.7 →
Создавање на крвните елементи од една хематопоетска матична клетка - хемоцитобласт.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Зголемувањето на бројот на белите крвни клетки се нарекува леукоцитоза, додека намалувањето на нивниот број се нарекува леукопенија. Интензивен физички напор, обилен оброк или период на менструален циклус се физиолошки состојби во кои може да се зголеми бројот на леукоцитите.



Слика 3.6 →
Формативни елементи
а) еритроцити
б) леукоцити
в) тромбоцити

Пред раѓањето, процесот на хематопоеза се случува во голем број ткива, почнувајќи во жолчното ќесе кај ембрионот. Потоа, создавањето на формативните елементи продолжува во црниот дроб, слезината и лимфното ткиво. По раѓањето, процесот на хематопоеза се одвива во црвената коскена срцевина. Кај деца, хематопоезата се одвива и во коскениот канал на долгите коски, додека кај возрасните, процесот е во голема мера ограничен на кранијалните и карличните коски, прешлените, градната коска и епифизите на бутната и рамената коска (**тема 6 - Локомоторен систем**). Кај возрасни особи, формативните елементи се создаваат во црниот дроб и слезината.

Крвна плазма

Крвната плазма претставува течниот дел од крвта. Плазмата е жолтеникава течност која се состои од околу 90% вода, плазматични протеини (6-8% најдоминантни компоненти), електролити (околу 1%) и други компоненти (1%) како што се: хранливи материи (глукоза, амино киселини), хормони, отпадни материи (уреа) и крвни гасови (кислород и јаглероден диоксид).

Крвната плазма е течниот дел од крвта.

Плазмата содржи вода (90-92 %), плазматични протеини (албумини, глобулини и фибриноген) и амино киселини, хлориди, хормони, ензими и др. (8-10 %).

Најдоминантни компоненти во плазмата се крвните (плазматичните) протеини.

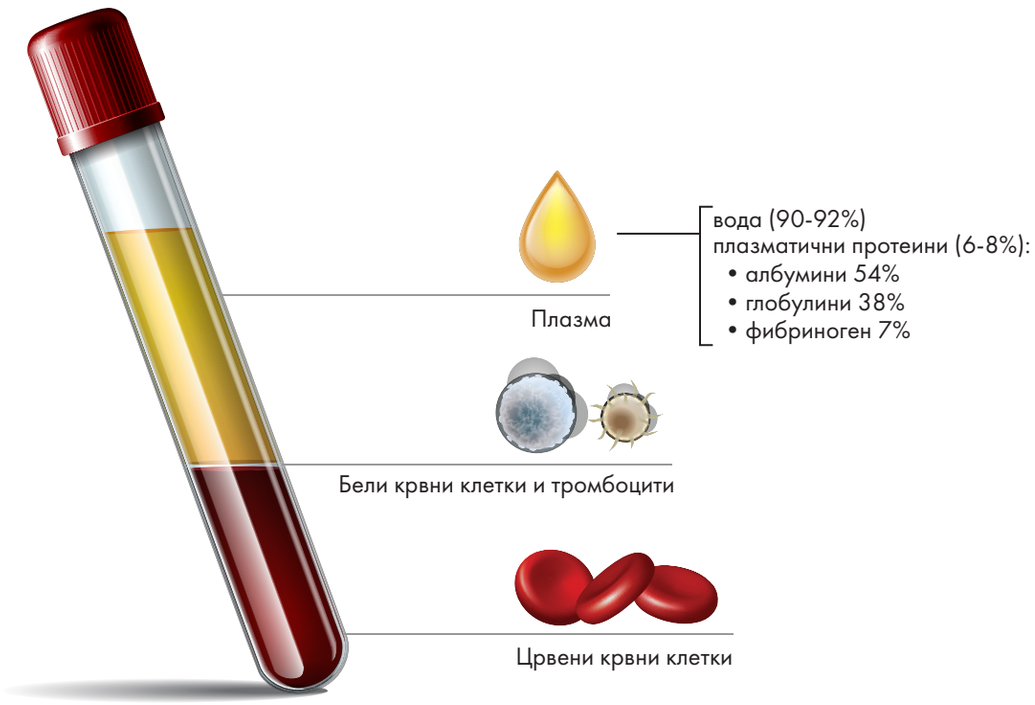
Крвните (плазматичните) протеини се протеини карактеристични за крвната плазма. Според структурата и функцијата [слика 3.8], протеините се поделени во три групи:

1. **Албумини** кои се најзастапени (54% од вкупните протеини во плазмата). Тие се создаваат во црниот дроб, а нивната основна улога е транспорт, пред сè, на масни киселини и стероидни хормони. Албумините имаат значајна и доминантна улога во одржување на осмотскиот притисок на крвта.
2. **Глобулините** опфаќаат 38% од вкупните протеини во плазмата. Постојат три подгрупи на глобулини (алфа-α, бета-β и гама-γ).

   Алфа- и бета-глобулините се создаваат во црниот дроб и учествуваат во транспортот на железо, липиди и липосолубилни витамини (вит. A, D, E и K).

   Гама-глобулините се вклучени во имунолошкиот одговор на организмот при контакт со бактерии или вируси и се познати како антитела или имуноглобулини.
3. **Фибриногенот** е најмалку застапен во крвната плазма (7 %) и се создава во црниот дроб. Овој протеин игра клучна улога во процесот на коагулација на крвта.





Слика 3.8 →
Состав на крвна плазма.

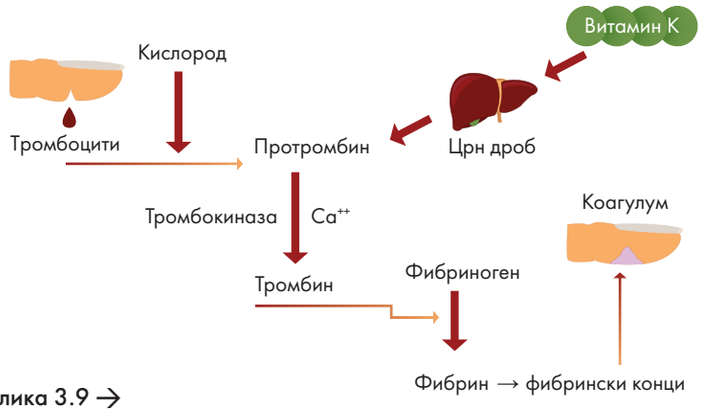
Коагулацијата (згрутчување) на крвта започнува по оштетување на крвниот сад со цел да се спречи крварењето, како резултат на создадениот коагулум (крвен колач). Како сложен каскаден процес на меѓусебно поврзани и зависни реакции, коагулацијата е регулирна со позитивни повратни врски. За одвивање на процесот на коагулација, неопходни се 4 компоненти:

1. тромбокиназа (ензим за претворба на протромбин во тромбин) од тромбоцити,
2. протромбин од црниот дроб,
3. калциумови јони и
4. фибриноген од крвната плазма.

Како резултат на сите реакции, краен продукт е создавањето на крвен колач или коагулум, со што се прекинува крварењето. Ако сакаш да знаеш повеќе за процесот на коагулација проучи ја шемата прикажана на слика 3.9.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

При недостаток на било кој од факторите на коагулација, крвта нема способност за згрутчување. Луѓето кај кои се појавува овој недостаток и при најмала повреда може сериозно да искрварат. Оваа наследна болест се нарекува хемофилија која настанува како резултат на отсуство на антихемофилен фактор на коагулација, така што крварењето не може да се спречи.
Кај здрави луѓе, од друга страна, присутен е антикоагулант во крвта (хепарин), кој не дозволува да дојде до коагулација во крвните садови.



Слика 3.9 →
Каскадни реакции на некои од факторите на коагулација на крвта.

На мембраната на еритроцитот постојат протеини со специфична структура – **аглутиногени кои имаат својства на антигени.**

Во крвната плазма се сретнуваат протеини како одговор на аглутиногените и истите се наречени **аглутинини**, кои имаат својства на антитела.

Аглутинација (слепување) на еритроцитите настанува при реакција на специфични антигени и антитела.

Крвни групи, трансфузија, Rh-фактор

Кај човекот, на површината на еритроцитите постојат голем број протеини со специфична структура кои се нарекуваат **аглутиногени**. Во крвната плазма пак, се сретнуваат протеини именувани како **аглутинини** кои се строго специфични и се јавуваат како одговор на аглутиногените од еритроцитите. Всушност, *аглутиногените* имаат својства на **антигени**, а *аглутининитe* на **антитела**. Аглутинација (слепување) на еритроцитите настанува при специфична реакција помеѓу аглутининине и аглутиногените.

Од сите досега утврдени групи на аглутиногени, од трансфузиолошки аспект најважни се аглутиногените (А или В) од **АВО-системот** (табела 3.2). Според присуството или отсуството на аглутиногени, дефинирани се и крвните групи кај човек: А, В, АВ и О крвна група. Соодветно на ова:

- кога на мембраната на еритроцитот е присутен само аглутиногенот А, таа особа има **крвна група А**;
- кога е присутен аглутиногенот В, особата има **крвна група В**;
- кога не е присутен ниту еден од аглутиногените на мембраната на еритроцитот, тогаш таа особа има **крвна група О (нулта)** и
- кога се присутни и А и В аглутиногени на мембраната на еритроцитот, особата е со **крвна група АВ**.

Како што напоменавме, во крвта се одвиваат реакции антиген-антитело, односно аглутиноген-аглутинин. Согласно претходно наведената поделба според присуството на аглутиногените (А и В) на мембраната на еритроцитите, соодветно е присуството на адекватни аглутинин во плазмата (табела 3.2). Според тоа:

- кога на мембраната наеритроцитите се присутни аглутиногени А (крвна група А), во плазмата се создаваат **анти-В аглутинини**;



- кога се присутни аглутиногени B (крвна група B), во плазмата се создаваат **анти-A аглутинини**;
- кога се отсутни аглутиногени (крвна група O), во плазмата се создаваат и двата типа на **антиаглутинини** (A и B) и
- кога се присутни двата аглутиногена (крвна група AB), во плазмата **не се создаваат антиаглутинини**.

Табела 3.2. ABO-систем на крвни групи.

Крвна група	Аглутиногени (антигени) на мембраната на еритроцит	Аглутинини (антитела) во крвната плазма
O	/	анти-A и анти-B
A	A	анти-B
B	B	анти-A
AB	A и B	/

Поделбата во зависност од крвната група, односно присуството или отсуството на аглутиногените и антиаглутинините е мошне значајна при пренесување на крв од една на друга особа (трансфузија) [слика 3.10]. Трансфузијата на крв е значајна постапка која обично се користи при изведување сложени оперативни зафати, како и за лечење на некои заболувања. Освен трансфузија на крв, често се користи и трансфузија само на плазма или на крвни елементи.

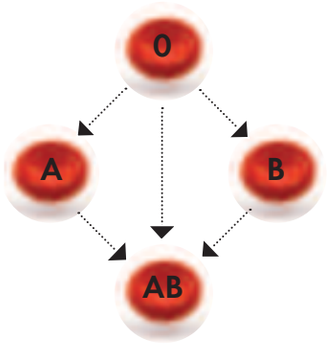
При трансфузија на крв, неопходно е да се води контрола за компатибилноста на крвта на дарителот со крвта на примателот. Во спротивно ќе настане аглутинација, односно слепување на еритроцитите.

Така на пример, ако се измеша плазма која содржи анти-A аглутинини (крвна група B) со еритроцити кои имаат A аглутиногени (крвна група A), како резултат на *инкомпатибилноста на крвта* ќе настане **аглутинација** (слепување). Понатаму, настанува уништување на еритроцитите, односно се ослободува хемоглобинот во плазмата, процес наречен **хемолиза**.

Покрај O, A и B аглутиногени, на мембраната на еритроцитите може да се сретнат и други протеини со својства на антигени. Еден од нив е Rh (Rhesus) антигенскиот фактор.

Ако на површината на еритроцитите е присутен Rh факторот, крвта е **Rh позитивна**, додека ако е отсутен, крвта е **Rh негативна**. По правило, дарителот и примателот треба да бидат Rh компатибилни. Така на пример, крв со крвна група A+ не смее

ABO-систем
- Отсуство на аглутиногените на еритроцитот – **крвна група O.**
- Присуство на антиглутиноген A – **крвна група A.**
- Присуство на антиглутиноген B – **крвна група B.**
- Присуство на A и B аглутиногени на еритроцитот – **крвна група AB.**



Слика 3.10 →
Компатибилност на крвни групи. Стрелката насочува кон компатибилен донор.

Хемолиза е процес при кој доаѓа до ослободување на хемоглобинот во плазмата при оштетување на еритроцитите.

Интересен податок

Rh-факторот е прв пат опишан во 1940 година и името го добил според видот на мајмунот во кој биле откриени антигените поврзани со овој фактор.

да се даде на А- примател. Од друга страна, бидејќи антитела специфични за Rh факторот не се присутни во плазмата на Rh негативна крв, затоа крв А- може да биде дадена на А+ примател. Меѓутоа, ова правило во модерната медицинска пракса се избегнува. Најчесто се настојува дарителот и примателот да бидат со иста крвна група, вклучително и со ист Rh фактор.

КРВНИ САДОВИ

Во рамките на циркулаторниот систем, крвта минува низ срцето и крвните садови. Крвните садови (артерии, вени и крвни капилари) се разгранети низ целото тело, со исклучок на 'рскавичните делови од органите и рожницата на окото.

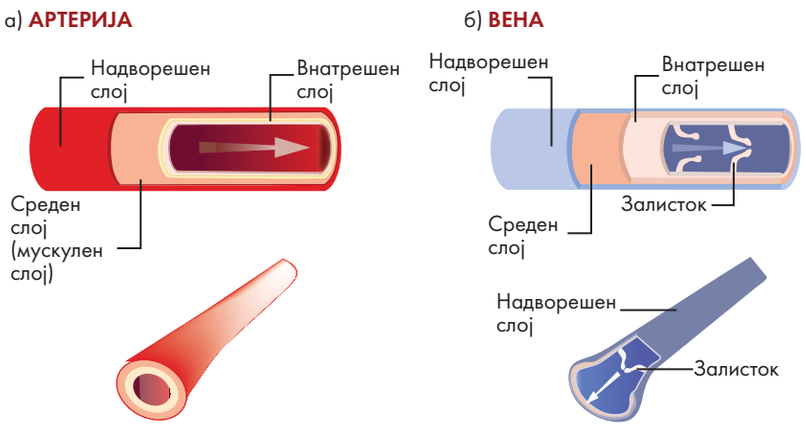
Градба и функција на крвните садови

Артериите се дефинираат како крвни садови кои ја изнесуваат крвта од срцето и ја носат до капиларите во сите органи и ткива. Кај човекот, најголем артериски крвен сад е аортата која директно излегува од срцето. На својот пат артериите се гранат и стануваат сè потенки и врз основа на својата големина се разликуваат големи, еластични мускулни артерии со голем и среден дијаметар (пречник), па сè до најмали артерии (артериоли). Артериолите понатаму се разгрануваат и постепено преминуваат во капилари. Артерискиот систем генерално носи оксигенирана (оксидирана крв, богата со кислород) крв. Исклучок е белодробната артерија која носи деоксигенирана (редуцирана крв, богата со јаглероден диоксид) крв. Артериите се поставени длабоко во телото и минуваат покрај коските и под мускулите. Нивниот ѕид е изграден од три слоја: надворешен, среден и внатрешен [слика 3.11 а. и табела 3.1]:

Rh (Резус) антигенски фактор-протеин со антигенски својства чие присуство или отсуство е генетски детерминирано.

Крвните садови (артерии, вени и крвни капилари) се цевчести мускулни органи кои се разгранети низ целото тело, освен во 'рскавичните делови од органите и рожницата на окото.

Артерии - крвни садови кои ја изнесуваат крвта од срцето до капиларите во поедини органи и ткива. Тие најчесто носат оксигенирана крв со исклучок на белодробната артерија која носи деоксигенирана.



Слика 3.11 →
Градба на а) артерии и б) вени.



Табела 3.1. Карактеристики на трите градбени слоја на артериите.

Надворешен слој	Среден слој	Внатрешен слој
• Слабо развиен кај големи артерии • Изграден од **сврзно ткиво** преку кое се поврзуваат со околните ткива. • Присутни се **сопствени крвни садови**, преку кои се врши исхрана на самите артерии.	• Најдобро развиен слој. • Изграден од слој на **мазни мускулни влакна** и еластични колагенски влакна и сврзно ткиво. • Кај аорта и белодробна артерија е особено богат со еластични колагенски влакна.	• Најтенок слој • Изграден од слој на **ендотелни клетки** -ендотел. • Го обликува луменот на артериите и обезбедува мазна површина низ која циркулира крвта.

Вени се сите крвни садови кои ја носат крвта од капиларите кон срцето. Сите садови од венскиот систем (со исклучок на белодробните вени), носат крв збогатена со јаглерод диоксид (деоксигенирана или редуцирана крв). Кај човекот се присутни повеќе венски, отколку артериски садови. Луменот на вените е поширок од тој на артериите со ист волумен бидејќи ѕидот им е потенок. Во однос на дијаметарот, и вените како и артериите се делат на: големи, средни, мали и најмали венски садови (венули). Крвта од капиларите минува во најмалите вени и тече бавно и под помал притисок во насока кон срцето. Слично како артериските, и венскиот ѕид е изграден од три слоја, но со други карактеристики [слика 3.11. б и табела 3.2]:

Вени - крвни садови кои ја носат крвта од капиларите кон срцето. Овие крвни садови носат редуцирана крв (збогатена со јаглерод диоксид). Карактеристично е присуство на еднолисни клапи (залистоци) со цел спречување на крвта да се враќа назад.

Табела 3.2. Карактеристики на трите градбени слоја на вените.

Надворешен слој	Среден слој	Внатрешен слој
• Најдобро развиен. • Изграден од **сврзно ткиво** преку кое се поврзуваат со околните ткива. • Присутни се **сопствени крвни садови**, како и лимфни капилари кои продираат и во надворешниот дел на средниот слој.	• Потенок од тој кај артериите. • Изграден од слој на мазни **мускулни влакна**. • Слаба **еластичност**.	• Најтенок. • Изграден од слој на **ендотелни клетки** -ендотел • Се формира **клапа** (валвула, залистоk).

За вените е карактеристично присуството на еднолисни клапи (залистоци). Тоа се парни полумесечести набори на внатрешниот слој кои навлегуваат во луменот на вените. Залистоците се најбројни кај вените на екстремитетите. Нивната улога е да го спречуваат враќањето на крвта назад, односно помагаат крвта да се движи само во една насока - кон срцето.

Капиларите се најтенките крвни садови кои ги поврзуваат крајните ограноци на артериите со почетните ограноци на вените. Ѕидот на капиларите е составен од ендотел со што се овозможува извршување на основната улога на циркулаторниот систем - размена на материи и гасови. Преку ѕидот на капиларите можат да поминат и леукоцити (со дијапедеза).

Капилари – најтенките крвни садови кои ги поврзуваат крајните ограноци на артериите со почетните на вените. Во нив се врши основната улога на крвоносниот систем – размена на материите.

КРВОТОК

Крвоносниот (циркулаторниот) систем се состои од телесен (голем или системски) крвоток и белодробен (мал) крвоток. Телесниот крвоток ги снабдува со крв сите ткива во оганизмот (освен белите дробови) и се нарекува и системски или периферен крвоток (периферна циркулација).

Преку ѕидот на капиларите се врши размената на материите и гасовите помеѓу крвта и клетките.

Телесен (голем) крвоток

Патот на движење на крвта во телесниот крвоток [слика 3.13] е следниот:

1. од левата комора на срцето, преку аортата и артериите крвта се пренесува до сите делови на телото (артериски систем) и
2. од сите ткива и органи, преку венските крвни садови и шупливите вени (венски систем), крвта се носи до десната преткомора на срцето.

Големиот крвоток започнува од левата комора преку **аортата**. На излезот од срцето, аортата прави лак од кој излегуваат три гранки кои понатаму се разгрануваат и носат крв до вратот, главата и горните екстремитети. На излезот од срцето, од аортата се издвојуваат две **коронарни артерии** со кои се исхранува срцевиот мускул [слика 3.12] .

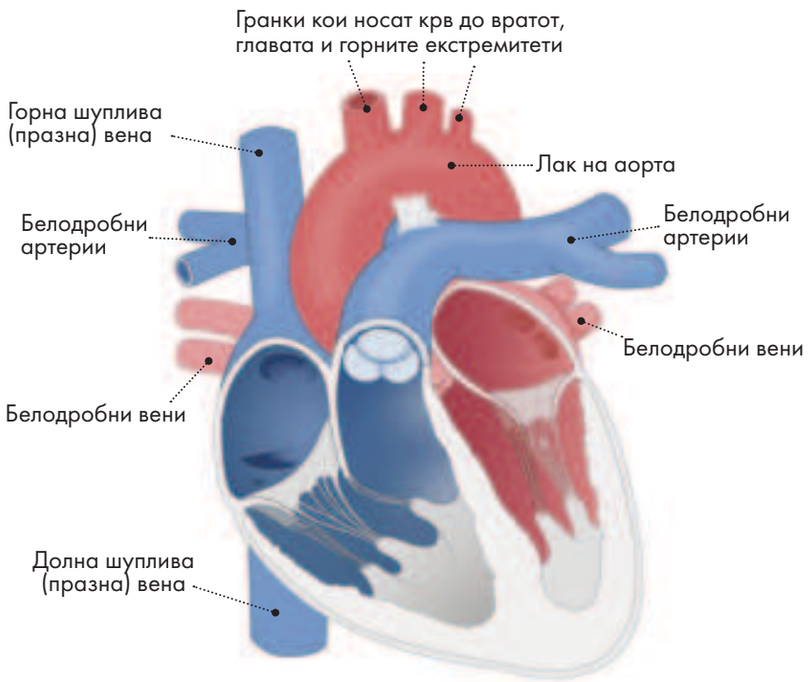
Аортата понатаму минува низ градниот дел како **градна аорта** и од неа се издвојуваат повеќе странични гранки за снабдување со крв на сите органи во градната празнина. Откако ќе ја помине дијафрагмата, аортата се нарекува **абдоминална аорта**. Од овој дел на аортата се издвојуваат **непарни гранки** (за црниот дроб, слезенката, желудникот и др.) и **парни гранки** (за



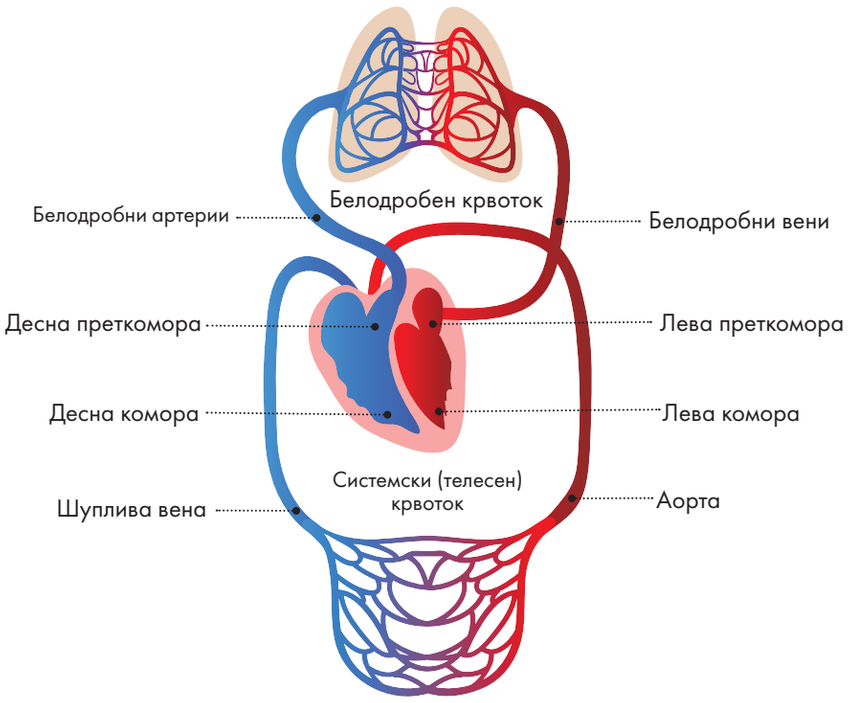
бубрезите, надбубрежните жлезди, тестисите/овариумите), за исхрана на абдоминалните органи и ѕидот на стомачната празнина Во висина на слабинските прешлени, абдоминалната аорта се дели на две артерии кои носат крв до карлицата и долните екстремитети.

Како што претходно напоменавме, сите артерии се разгрануваат до артериоли кои завршуваат во **капиларната мрежа**. Преку ѕидот на капиларите настанува размена на материи и гасови помеѓу крвта и клетките. Имено, крвта носи кислород и хранливи материи до клетките, додека од клетките, јаглеродниот диоксид и крајните продукти од метаболизмот преминуваат во крвта. На ниво на капиларите завршува артериските дел и започнува венскиот дел од големиот крвоток. Венулите и поголемите венски садови ја собираат крвта од долниот дел на телото (долните екстремитети и карлицата). Потоа овие венски садови се спојуваат во поголеми вени кои се соединуваат во **долната шуплива вена** која влегува во **десната преткомора на срцето**. Вените кои ја собираат крвта од главата, вратот и горните екстремитети се спојуваат во поголеми венски садови кои крајно се соединуваат во **горната шуплива вена** која исто така влегува во **десната преткомора на срцето** [слика 3.12].

Големиот (телесниот) крвоток започнува од левата комора на срцето преку најголемата артерија во човековото тело – аортата до сите делови на телото и од периферијата до десната преткомора преку венските крвни садови.



Слика 3.12 →
Крвни садови кои излегуваат/влегуваат во срцето.



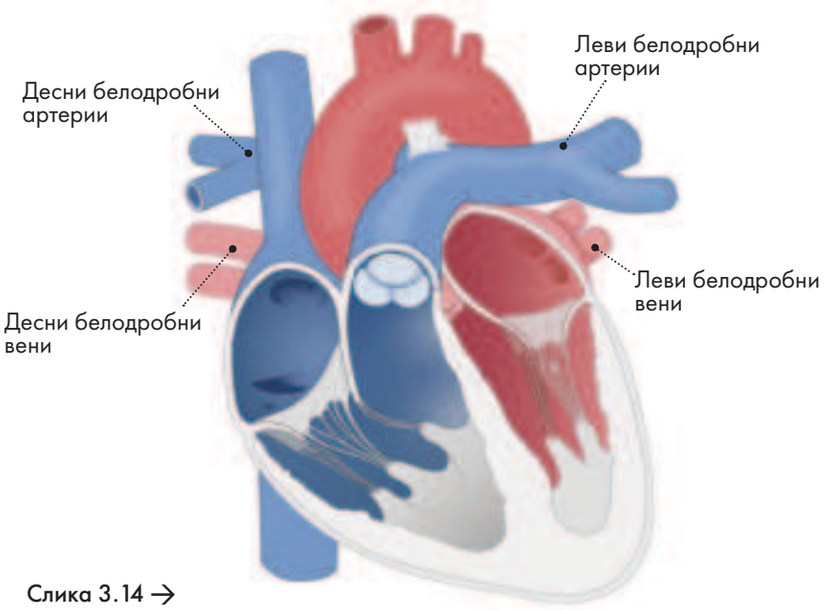
Слика 3.13 →
Белодробен и телесен крвоток.

Малиот крвоток започнува од десната комора на срцето, од каде се испумпува редуцирана крв во левата и десната белодробна артерија. Потоа се разгранува во капиларна мрежа во белите дробови каде се одвива размената на гасовите. Оксигенираната крв потоа се враќа во левата преткомора на срцето, преку четирите белодробни вени.

Белодробен (мал) крвоток

Белодробниот (мал) крвоток го опфаќа патот на движењето на крвта помеѓу срцето и белите дробови [слика 3.12]. Од десната преткомора (во која влегува редуцирана крв од двете шуплии вени), крвта преминува во десната комора. Со контракција (систола) на десната комора, редуцираната крв се испумпува во **десна и лева белодробна артерија** [слика 3.14]. Тие се означени како артерии иако пренесуваат венска (редуцирана) крв до белите дробови. Двете артерии се разгрануваат и преминуваат во силно развиена капиларна мрежа во белите дробови (со која се обвиткуваат алвеолите). Размената на гасовите помеѓу крвта и белите дробови се одвива на ниво на капиларите, каде што настанува дифузијата на кислород во крвта, а од капиларите дифундира јаглерод диоксидот во белите дробови. На капиларната мрежа се надоврзуваат венули кои преминуваат во поголеми вени и оксигенираната крв се собира во **четири белодробни вени** [слика 3.14]. Преку овие белодробни вени, крвта се носи во **левата преткомора**. Ова движење на крвта е **наречено мал или белодробен крвоток** [слика 3.12].





Слика 3.14 →
Белодробни вени и артерии.

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Портален крвоток

Венската крв од стомачниот (абдоминален) дел, односно од дигестивните црева, желудникот и слезенката, преку систем на венски крвни садови поминува низ единственото венско стебло наречено **портална вена** која влегува во црниот дроб. По разгранување до капилари, понатаму крвта од црниот дроб се собира во поголеми вени кои преминуваат во **црнодробни вени**. Овие вени се вливаат во **долната шуплива вена** која се вклучува во големиот крвоток.

Движење на крвта низ крвните садови

Постојаниот проток на крв во циркулаторниот систем се обезбедува со бројни механизми и карактеристики: разлика на **крвниот притисок** по должина на циркулаторниот систем, големината на **дијаметарот** и **еластичност**а на крвните садови, **периферниот отпор**, активноста на **скелетните мускули**, присуството на **клапи** во венските садови и др.

Континуираното движење на крвта во **големиот крвоток** се обезбедува со присуство на повисок притисок на крвта во левата комора и аортата, во однос на притисокот во десната половина на срцето. Затоа, крвниот притисок во аортата е највисок (крвта директно излегува од левата комора на срцето).

Движењето на крвта се одвива како резултат на разликата во крвниот притисок, дијаметарот , еластичноста на крвните садови, периферниот отпор, присуството на залистоци и др.

Притисокот кој го врши крвта врз ѕидот на крвните садови се нарекува **крвен притисок**.

Одржувањето на постојано движење на крв во **малиот крвоток** настанува како резултат на разликата во притисоците помеѓу десната комора и белодробната артерија со левата половина на срцето.

Во основа, континуираниот тек на крвта низ артериите во фаза на систола е резултат на срцевата активност, додека во фаза на дијастола како резултат на **еластичноста** на ѕидот на артериите. Брзината на крвотокот во крвните садови е обратнопропорционална на нивниот **дијаметар** (најбавен во капиларите, а најбрз во аортата).

Крвниот притисок се дефинира како притисокот кој го врши крвта врз ѕидот на крвните садови. Се разликува систоличен и дијастоличен крвен притисок. За време на систолата, крвниот притисок е повисок и изнесува околу 120 mmHg. Овој притисок се нарекува **висок крвен притисок (систолен)**. Во дијастолата, крвниот притисок е понизок и е познат како **низок крвен притисок (дијастолен)** кој изнесува околу 80 mmHg.

Регулацијата на крвотокот во ткивата, т.н. **локална регулација на крвотокот** се врши со отворање или затворање на делови од капиларната мрежа со помош на капиларни сфинктери. Ова се случува под дејство на нервни и хормонски сигнали (нервна и хуморална регулација).

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Нормалниот артериски крвен притисок изнесува: од 90/60 до 140/90 mmHg. Состојбата кога артерискиот крвен притисок е поголем од 140/90 mmHg се нарекува **хипертензија**, додека состојбата кога артерискиот крвен притисок е помал од 90/60 mmHg се нарекува **хипотензија**. Физиолошки фактори кои влијаат врз висината на крвниот притисок се: возраста, физичката и умствената активност, емоциите, периодот од денот и др.

ЛИМФЕН СИСТЕМ

Лимфниот систем е составен дел на циркулаторниот систем кај човекот, кој за разлика од кардиоваскуларниот, е од отворен тип. Тој се состои од **лимфа** (течен дел), **лимфни садови** (капилари и вени), **лимфни јазли** и **лимфоидни органи**.

Основни карактеристики на лимфниот систем се:

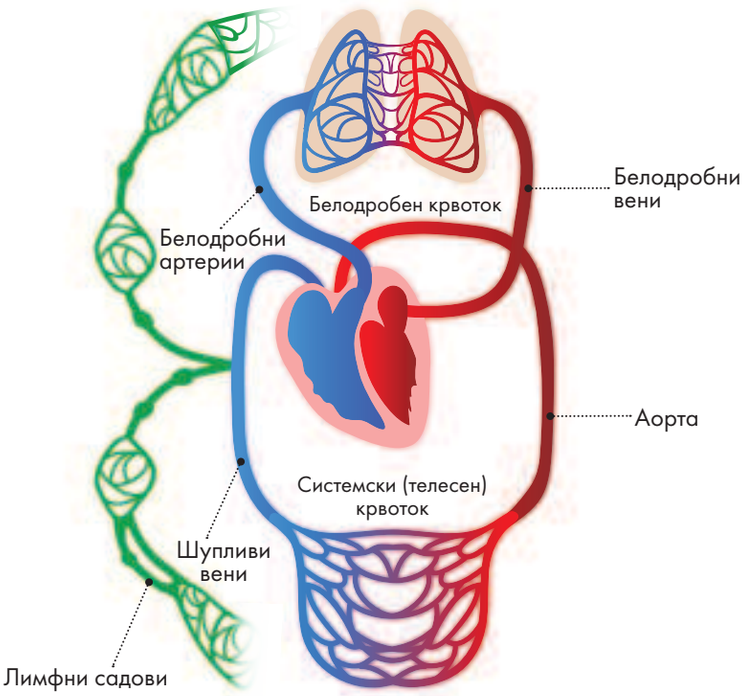
- ја спроведува лимфата само во една насока (од ткивата кон венскиот крвен систем);
- по структура и функција е сличен со венскиот крвен систем;
- нема комуникација со артериски крвен систем.

Лимфата е безбојна течност која вклучува течен дел (лимфна плазма) и лимфоцити. Лимфата потекнува од меѓуклеточната (интерстициелната) течност [слика 3.15]. Составот на лимфата постојано се менува, затоа што крвта и околните клетки и ткива преку меѓуклеточната течност постојано разменуваат вода и растворени материи. Според составот, лимфата е слична со

Лимфата – вклучува лимфоцити и течен дел, лимфна плазма. Учествува во имунитетот, во транспортот, како и во апсорпцијата на хранливи материи од дигестивниот тракт.



крвната плазма. Оваа телесна течност ги враќа протеините и вишокот на течност од интерстициумот (меѓуклеточниот простор) во венскиот дел од цирикулацијата. [слика 3.16]

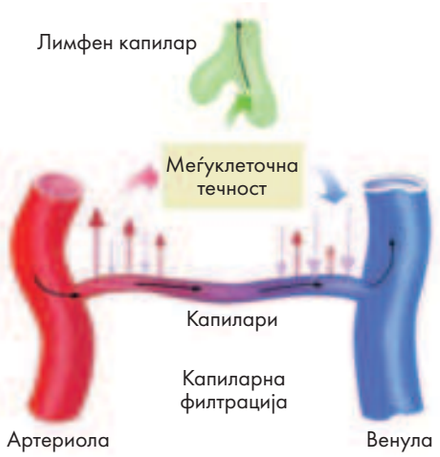


Слика 3.16 →
Лимфоток.

Лимфниот систем игра улога и во транспортот и апсорпцијата на хранливи материи од дигестивниот тракт (особено во апсорпција на масти – Тема 2 - Дигестивен систем). Бидејќи ѕидот на лимфните садови имаат голема пропустливост (поголема од крвните капилари), лимфата може да содржи и честички со големи димензии, на пример бактерии. Во тој случај, кога лимфата минува низ лимфните јазли, бактериите скоро целосно се уништуваат.

Лимфни садови и лимфоидни органи

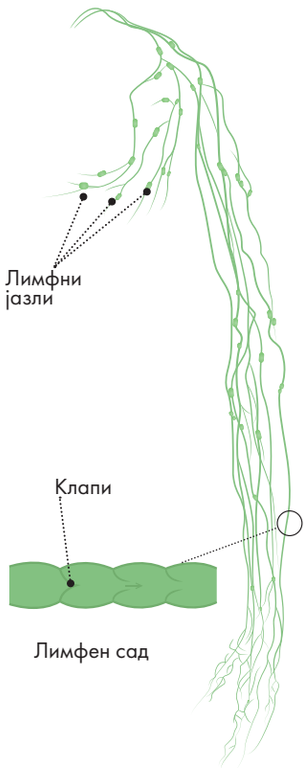
Лимфни капилари се најмалите лимфни садови кои завршуваат слепо во меѓуклеточните простори. Краевите на лимфните капилари се преклопени со залисток кој спречува враќање на лимфата назад во меѓуклеточниот простор. Лимфните капилари преминуваат во **лимфни вени** кои во внатрешноста исто така, имаат залистоци што овозможуваат лимфата да се движи само во една насока [слика 3.17]. Во нивниот ѕид има мазни му-



Слика 3.15 →
Шематски приказ на создавање на лимфа од меѓуклеточна течност.

Лимфни капилари - најмали лимфни садови за кои е карактеристично присуството на залистоци и завршуваат слепо во меѓуклеточните простори.

Лимфни вени –претставуваат продолжение на капиларите. Најголеми лимфни садови се: **градниот лимфен канал** и **десниот лимфен канал**.



Слика 3.17 →
Градба на лимфен сад.

скулни влакна што овозможува контракција на лимфните вени. Најголеми лимфни садови се: **градниот лимфен канал** и **десниот лимфен канал.** Тие собираат лимфа од различни органи [табела 3.3]. Двата лимфни сада, преку торакалниот дуктус се влеваат во **горната шуплива вена**.

Табела 3.3. Поделба и организација на големите лимфни садови.

Големи лимфни садови	Собира лимфа од:
Граден лимфен канал	• долни екстремитети, • карлица, • абдомен, • лева половина на градниот кош, • лева рака, • лева половина од главата и вратот.
Десен лимфен канал	• десна половина на градниот кош, • десна рака, • десна половина на главата и вратот.

Лимфните јазли се лимфоидни формации со топчеста или јајцевидна форма чија големина не надминува 2 cm [слика 3.18]. Кај човекот, лимфните јазли најмногу се наоѓаат на вратот, под пазувите, препоните, меѓу обививките на дигестивното црево. Нивните основни функции се претставени во табела 3.4

Лимфните јазли се лимфоидни формации со топчеста или јајцевидна форма со неколку функции: **хематопоеза** – создавање на лимфоцитите; **имунопоетска функција** – создавање плазма-клетки и антитела; **заштитно-филтрациска функција** – во нив се задржуваат бактериите присутни во лимфата; **метаболичка функција** и **депо на лимфа.**



Слика 3.18 →
Градба на лимфен јазол.

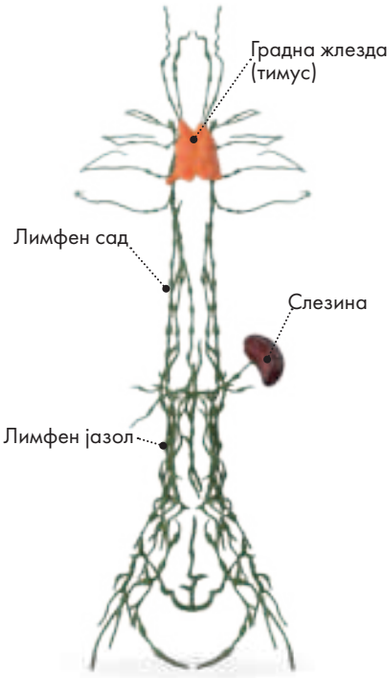


Табела 3.4. Функции на лимфни јазли.

Функција	Цел
Хематопоеза	Создавање лимфоцити кои преку лимфата навлегуваат во крвта.
Имунопоетска	Создавање на: • т.н. плазма-клетки, • антитела (протеини со глобулинска природа), • В-лимфоцити (одговорни за хуморален имунитет), • Т-лимфоцити (одговорни за клеточен имунитет).
Заштитно-филтрациска	Филтрирање на бактериите кои се присутни во лимфата.
Метаболичка	Учество во метаболизмот на масти, протеини и други материи содржани во лимфата.
Складирање	Депонирање на лимфата.

Лимфни органи - градна жлезда (тимус), крајници, слезина и коскена срцевина.

Во **лимфоидни органи** спаѓаат: тимусот (градна жлезда), крајниците, слезината и коскената срцевина. Тие постојано или повремено ги создаваат клетките на лимфниот систем. Од нив, **слезината** претставува најголем лимфен орган кој е важен во одбраната на организмот од микроорганизми [слика 3.19].



Слика 3.19 →
Некои лимфни органи и нивна поврзаност со лимфните садови.

СРЦЕ – ГРАДБА И ФИЗИОЛОГИЈА

Срцето (*cor* или *cardia*) е шуплив мускулен орган, сместен во градната празнина помеѓу двете белодробни крила над дијафрагмата. Срцето има форма на тристрана пирамида, со врвот завртена надолу и налево. Лежи во срцево ќесе (перикардиум или перикард), кое има заштитна функција. Масата на срцето кај возрасни мажи е од 280 до 340 g, додека кај жените е од 230 до 280 g.

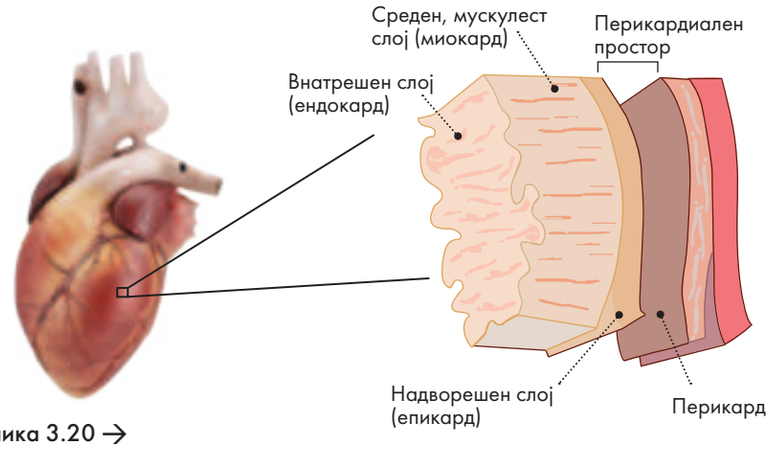
Ѕидот на срцето е изграден од три слоја [слика 3.20]:

1. **Надворешниот слој (епикард)** претставува серозна обвивка на срцето (сврзно ткиво). Ја покрива целата површина на срцето и крвните садови во перикардијалната празнина.
2. **Средниот мускулест слој (миокард)** се состои од срцево мускулно ткиво. Тој е најголем и воедно функционално најзначаен слој за движењето на крвта. Широчината на миокардот е различна во преткоморите и коморите. Така, најширок е во левата комора, помал во десната комора и најтенок во преткоморите.

Срцето (*cor* или *cardia*) е сместено во градната празнина, помеѓу двете белодробни крила и претставува шуплив мускулен орган. Неговиот ѕид е изграден од 3 слоја:

- **Надворешен слој (епикард)** – серозна обвивка на срцето (сврзно ткиво),
- **Среден, мускулест слој (миокард)** – составен од срцево мускулно ткиво,
- **Внатрешен слој (ендокард)** – изграден од ендотел.

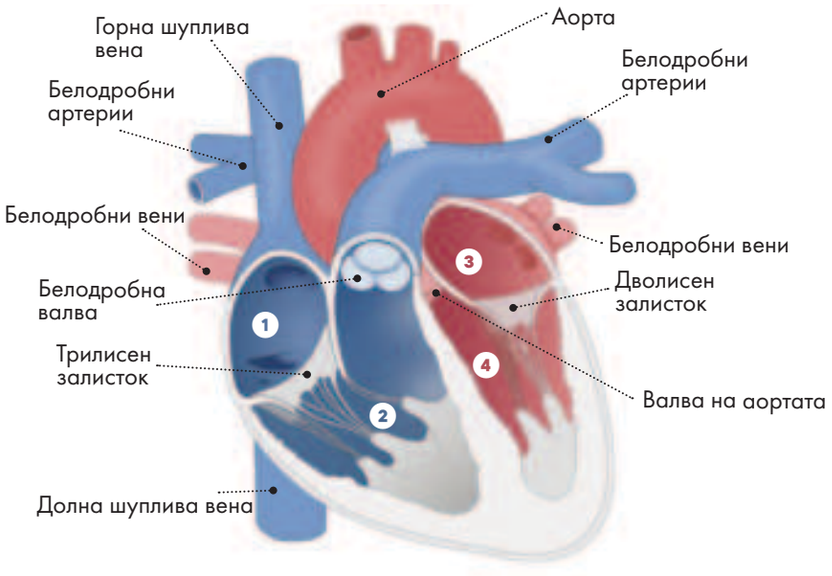
❸ **Внатрешниот слој (ендокард)** е изграден од ендотел и ги обложува сите празнини во срцето и клапите (залистоците).



Слика 3.20 →
Градба на ѕидот на срцето.

Внатрешноста на срцето е поделена надолжно, на лева и десна половина. Низ левата половина на срцето циркулира оксигенирана крв, додека низ десната половина поминува деоксигенирана крв. Како што може да се види од [слика 3.21], срцето е поделено на преткомори (*atrium*) и комори (*ventriculus*). Тие меѓусебно комуницираат преку отвори кои се покриени со залистоци (клапи, валвули) кои го спречуваат враќањето на крвта од коморите во преткоморите. Така, помеѓу десната преткомора и десната комора се наоѓа **трилистен залисток** (трикуспиден залисток), додека помеѓу левата преткомора и левата комора има **дволистен залисток** (бикуспиден залисток), познат и како митрален залисток.

Секоја половина од срцето, преку ендотелни клапи е поделена на **преткомора** (atrium) и **комора** (ventriculus).



❶ Десна преткомора
❷ Десна комора
❸ Лева преткомора
❹ Лева комора

Слика 3.21 →
Градба на срце.



Срцев автоматизам и срцев циклус

Срцето има способност самостојно да се контрахира, познато како срцев автоматизам. Оваа контракција се должи на два нервни јазла и еден сноп од нервни влакна [слика 3.22 и табела 3.6] кои учествуваат во создавањето и спроведувањето на нервните импулси за автоматската контракција на срцевиот мускул.

Табела 3.6. Нервно-мускулен спроводен систем на срцето (срцеви јазли и нервни влакна).

Синусен јазол (Keith-Flack-ов јазол или K-A јазол)	Преткоморно-коморен јазол (Aschoff-Tawara јазол или A-B јазол)	Хисов сноп на нервни влакна
• Сместен во десната преткомора, до влезот на горната шуплива вена.	• Сместен во долниот дел на десната преткомора.	• Поаѓа од A-B јазолот, минува низ мускулната преграда на коморите и се разгранува на две гранки. Тие завршуваат со **Пуркиниеви нишки**, во ѕидовите на коморите.

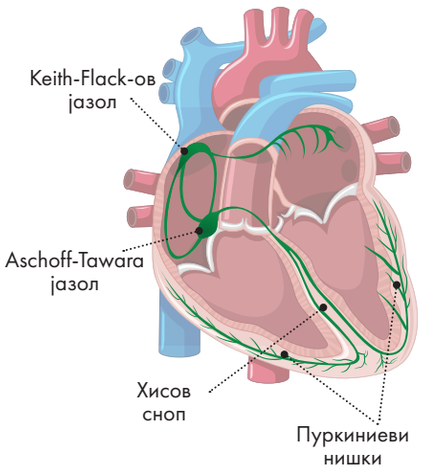
Со навлегување на крвта во срцето од горната шуплива вена, **синусниот јазол**, наречен како предводник на срцевиот ритам, создава импулс кој се шири низ преткоморите до **преткоморно-коморниот јазол**. Нервниот импулс се движи брзо (1 m/sec) и овозможува истовремена контракција на двете преткомори. Понатаму, од преткоморно-коморниот јазол, нервниот импулс се движи бавно (0.2 m/sec), со што започнува контракцијата на коморите, а завршува контракцијата на преткоморите. Нервниот импулс продолжува во Хисовиот сноп и Пуркиниевите нишки кон врвот на срцето. Во овој дел, нервниот импулс се движи најбрзо (4 m/sec), со што коморите едновремено се контрахираат и крвта се испумпува во крвните садови. Периодот во кој низ срцето минува нервниот импулс се означува како **рефрактерен период**. Во текот на овој период срцето е ненадразливо (срцето не реагира на нова дразба).

Контракциите и релаксациите на срцето циклично се повторуваат со цел спроведување на крвта низ крвоносниот систем. Во оваа активност на срцето, наречена **срцев циклус**, се разликуваат три фази:

1. **систола** - фаза на контракција на срцето;
2. **дијастола** - фаза на релаксација на срцето;
3. **срцева пауза** која трае од завршетокот на систолата на коморите до почетокот на систолата на преткоморите. Во оваа фаза срцето се полни со крв.

Во миокардот постојат два нервни јазла и еден сноп од нервни влакна кои учествуваат во создавањето и спроведувањето на нервните импулси за автоматска контракција на срцевиот мускул.

- Синусен јазол (Keith-Flack-ов јазол или K-A јазол)
- Преткоморно-коморниот јазол (Aschoff-Tawara јазол или A-B јазол)
- Хисов сноп



Слика 3.22 →
Нервно-мускулен спроводен систем на срцето.

Срцев циклус опфаќа 3 фази: **систола** (фаза на контракција на срцето), **дијастола** (фаза на релаксација на срцето) и **срцева пауза**.

Срцева фреквенција – Здравото срце извршува од 70 до 80 систоли за време од 1 минута .

Со помош на методот наречен **електрокардиографија** и специјален апарат – **електрокардиограф** можат да се регистрираат разлики во потенцијалот што се создаваат при срцевото работење.

Графички запис кој се добива е наречен електрокардиограм (EKG).

Кога преткоморите се во фазата на систола, коморите се во дијастола и обратно, за време на систола на коморите, преткоморите се во дијастола. За време од една минута, здравото срце извршува **70-80 систоли**. Тоа ја претставува **срцевата фреквенција**.

Работата на срцето е регулирана преку нервен и хуморален пат (преку крвта). Нервната регулација опфаќа забрзување на срцевата работа преку симпатичкиот дел и забавување преку парасимпатичкиот дел од автономниот нервен систем. Во хуморалната регулација, најголемо значење имаат хормоните адреналин, норадреналин и тироксин кои дејствуваат стимулирачки врз работата на срцето.

Регистрација на биоелектричните промени во срцето

За време на систолата на преткоморите, нивната мускулатура (мускулниот слој) е надразнета и таа има негативен полнеж во однос со полнежот на мускулатурата на коморите. Оваа разлика во биоелектричните полнежи создава потенцијална разлика поради што низ срцето тече **биоструја**. *Разликите во потенцијалот што се создаваат во тек на срцевата работа може да се регистрираат со помош на специјален апарат електрокардиограф*. Методот кој се користи за ова мерење се нарекува **електрокардиографија**, а записот на биопотенцијалите се нарекува **електрокардиограм (EKG)**. На EKG се разликуваат бранови (дефлексии) кои прикажуваат промена на електричниот потенцијал во одделните делови од срцето. Брановите и запците во електрокардиограмот се обележуваат со латинските букви **P, Q, R, S** и **T**. Нивниот редослед секогаш останува ист, но можни се промени во амплитудата и насоката.



Слика 3.23 →
Електрокардиограм (EKG)кај здрава особа.



ИМУНИТЕТ

Човековиот организам е постојано изложен на бројни предизвикувачи на болести наречени **патогени**, против кои има развивено механизам на одбрана. Отпорноста на организмот кон патогените предизвикувачи на болести се дефинира како **имунитет** кој може да биде **неспецифичен** (вроден) и **специфичен** (стекнат).

Отпорноста на организмот кон предизвикувачите на инфективни процеси се дефинира како **имунитет**. Имунитетот може да биде неспецифичен и специфичен имунитет.

Неспецифичниот или вроден имунитет обезбедува *примарна заштита* од патогени, односно спречува навлегување на патогени во организмот, а доколку навлезат, и нивно уништување.

Неспецифичниот имунитет – се остварува со помош на првата линија на одбрана – природните бариери на организмот и втора линија на одбрана.

Во рамките на вродениот имунитет во **прва линија на одбрана** се вклучуваат природните бариери на организмот прикажани во табела 3.7.

Табела 3.7. Прва линија на одбрана - неспецифичниот вроден имунитет

Прва линија на одбрана	Улога во неспецифичен имунитет
Кожа и слузокожа	Обезбедува заштита од навлегување на патогени во организмот.
Секрети на егзокрини жлезди	Секретите како што се потта и плунката дејствуваат антибактериски.
Желудочен сок	Хлороводородната киселина која се содржи во желудочниот сок ги уништува микроорганизмите кои навлегуваат со храната.
Нормална бактериска микрофлора	Го попречува размножувањето на патогени микроорганизми.

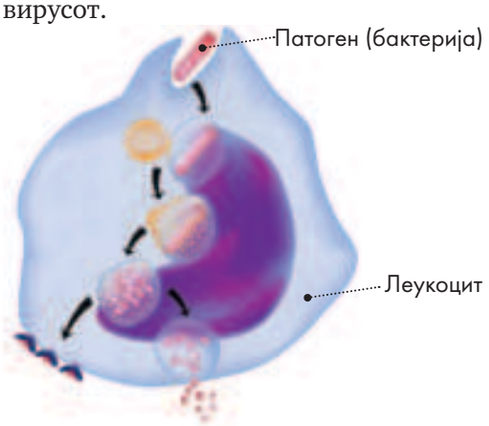
Во втората линија на одбрана влегуваат фагоцитите и интерфероните.

На пример, кожата служи како природна бариера која оневозможува влез на штетни микроорганизми, а потта придонесува во заштитата со нејзиното антимикробно дејство. Слузокожата на носната празнина или дишникот спречуваат навлегување на штетни честички од воздухот во организмот. Од друга страна, патогените микроорганизми внесени преку храната се уништуваат под дејство на хлороводородната киселина и ензимите од дигестивните сокови. При повреда или нефункционалност на дел од природните бариери (пр. повреда на кожа), можно е навлегување на микроорганизми во организмот, односно во крвта. Тогаш се активираат компонентите од **втората линија**

Фагоцитите ги уништуваат бактериите по пат на **фагоцитоза**.

Интерфероните се активираат при вирусна инфекција.

на одбрана како што се **фагоцитите** и **интерфероните**. **Фагоцитите** се леукоцити кои се присутни во циркулацијата. Тие ги напуштаат крвните садови (дијапедеза) и навлегуваат во ткивото каде што е присутен патоген микрорганизам. Потоа ги уништуваат патогените по пат на **фагоцитоза** [слика 3.24]. За разлика од нив, **интерфероните** се протеински молекули активирани при вирусна инфекција во ткивата. Нивна задача е инактивација на вирусот.



Слика 3.24 →
Процес на фагоцитоза во еден леукоцит.

Специфичниот имунитет се базира на имунобиолошки реакции од типот антиген-антитело.

Специфичниот имунитет може да биде хумурален (се поттикнува во присуство на антигени) или клеточен (преку Т и В лимфоцитите).

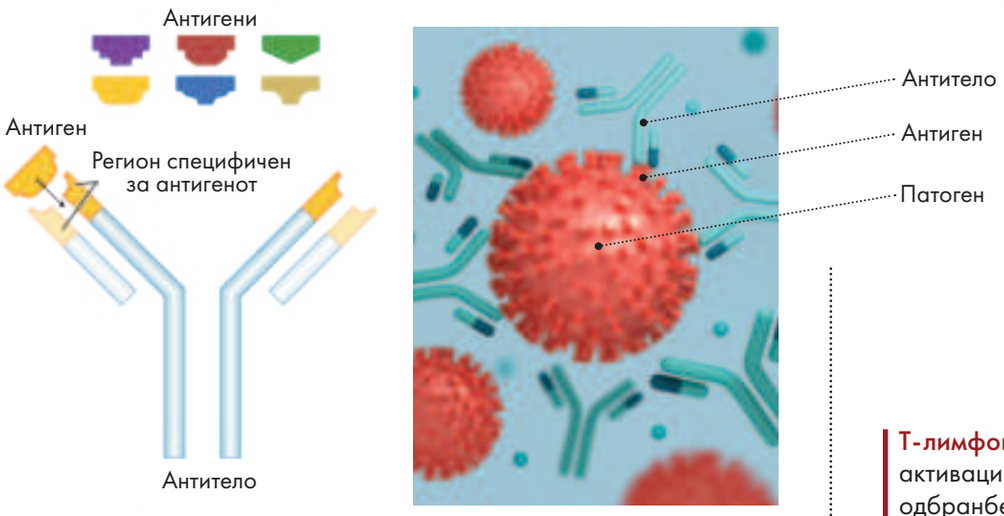
Антигените се најчесто протеини кои организмот ги препознава како непознати - туѓи честички.

Антителата се создаваат од страна на В-лимфоцитите.

Сепак, првата и втората линија на одбрана од неспецифичниот имунитет не можат да обезбедат комплетна заштита против сите патогени. Во тој случај се активира **специфичниот имунитет**. Специфичниот имунитет се базира на имунобиолошки реакции од типот антиген-антитело во кои учествуваат специфичните протеини-имуноглобулини. Може да биде хумурален и клеточен имунитет.

Хуморалниот имунитет во организмот се поттикнува со присуство на антигени. **Антигените** се најчесто протеински молекули, со голема молекулска маса или полисахариди и масти кои организмот ги препознава како непознати - туѓи честички. Тука можат да бидат вклучени честички од полен, прав, отрови од инсекти или змии, бактериски клетки, токсини, па дури и крвни клетки. При тоа, предизвикуваат реакција на организмот на создавање на специфични антитела, со цел одбрана на организмот. **Антителата** се создаваат од страна на В-лимфоцити. Антителата уште познати како имуноглобулини, се глобуларни протеини кои се синтетизираат од страна на плазма-клетките. На својата површина имаат специфични региони преку кои ги препознаваат специфичните антигени, се поврзуваат со нив и на различен начин ги инактивираат. Антителата се поврзуваат со антигените според принципот на клуч-брава, бидејќи се структурно компатибилни и формираат комплекс **антиген-антитело**. Со формирање на овој комплекс, го оневозможуваат штетното делување на антигенот [слика 3.25].





Слика 3.25 →
Комплекс антиген-антитело.

Клеточниот имунитет се остварува преку зрелите Т- лимфоцити. Овие лимфоцити се формираат од недиференцирани клетки - лимфобласти кои се создаваат во коскената срцевина. Дел од лимфобластите се пренесуваат во: тимусот, каде што се трансформираат во Т-лимфоцити. Т-лимфоцитите учествуваат во активацијата на В-лимфоцитите или вршат активација на група одбранбени клетки наречени Т- „клетки убијци“ кои имаат способност за брзо уништување на патогени.

Т-лимфоцитите вршат активација на група одбранбени клетки-„клетки убијци“ кои имаат способност за интензивна фагоцитоза.

Природен и вештачки имунитет

Во зависност од тоа дали имунолошкиот одговор на организмот се базира врз природно или вештачки создадени антитела, разликуваме природен и вештачки имунитет [табела 3.8].

Природниот имунитет може да се стекне активно, по прележување одредена болест и пасивно, со пренесување антитела преку плацентата или преку млекото од мајката.

Вештачкиот имунитет може да се стекне активно, со вакцинирање и пасивно, со внесување на готови антитела преку различни видови крвни препарати.

Табела 3.8. Стекнат имунитет

Природен имунитет	Активно стекнат	се јавува како резултат на прележана болест, при што организмот самостојно создал специфични антитела.
	Пасивно стекнат	настанува со пренесување на антитела од мајката на бебето преку плацентата за време на пренаталниот период, или преку млекото кај новороденчето. Овој имунитет се губи во првите месеци од животот на детето.
Вештачки имунитет	Активно стекнат	настанува по вакцинирање, кога организмот продуцира специфични антитела.
	Пасивно стекнат	настанува со внесување на готови антитела преку трансфузија од донор, кои антитела се задржуваат привремено.

Кратка содржина

- Кај човекот се присутни два транспортни система, крвен и лимфен. Крвниот систем е од затворен тип чија улога е транспорт на кислород и хранливи материи до клетките, а од нив ги зема крајните продукти од метаболизмот (вклучувајќи го и јаглерод диоксидот) и ги транспортира до органите преку кои ќе се елиминираат од организмот. Изграден е од крвни садови (артерии, вени и капилари), срце – како мускулен орган и крв. Крвта ја остварува транспортната улога, движејќи се низ мрежата од крвни садови. Таа е течно сврзно ткиво, составена од клеточни елементи (еритроцити, леукоцити и тромбоцити) и основна меѓуклеточна материја (крвна плазма). Еритроцитите содржат хемоглобин, со чија помош го транспортираат кислородот од белите дробови до сите ткива, а од таму го врзува јаглерод диоксидот и го носи назад до белите дробови. Леукоцитите имаат одбранбена улога, штитејќи го организмот од инфекции. Тромбоцитите се релативно мали крвни плочки чија примарна функција е коагулација на крвта, спречувајќи го крварењето. Крвната плазма содржи најмногу вода, плазматични протеини, ензими, хормони, амино киселини, глукоза, липиди, уреа, мочна и млечна киселина, антитела, хлориди, бикарбонати, фосфати, разни елементи, растворени гасови и др.
- Лимфниот систем е од отворен тип кој е изграден од лимфни капилари, лимфни вени, лимфни јазли, лимфа и лимфоидни органи (тимусот, слезината и коскената срцевина). Лимфните капилари се најмалите лимфни садови кои во меѓуклеточниот простор завршуваат слепо. Лимфните вени се продолжение на капиларите чиј пречник постепено се зголемува. Топчестите лимфоидни формации ги претставуваат лимфните јазли во кои се депонира лимфата. Нивна задача е создавање лимфоцити, плазма-клетки, антитела, ги задржуваат бактериите кои се нашле во лимфата, но учествуваат и во метаболизмот на мастите, протеините и други материи. Лимфата е безбојна течност составена од лимфоцити и лимфна плазма. Лимфоцитите учествуваат во клеточниот имунитет на организмот.
- Лимфните капилари се почетните и најмалите лимфни садови, а најголеми се градниот лимфен канал (ја собира лимфата од долните екстремитети, карлицата, абдоменот и левата половина на градниот кош, левата рака, левата половина од главата и вратот) и десниот лимфен канал (ја собира лимфата од десната половина половина на градниот кош, десната рака и десната половина на главата и вратот). Имаат тенки ѕидови, слеп завршеток во меѓуклеточниот простор и залистоци од внатрешната страна.
- Трансфузијата е пренесување на крвта од еден организам (дарител) во друг организам (примател). Овој метод е особено значаен и се практикува за лечење на некои заболувања или при сложени оперативни зафати. Од трансфузиолошки аспект најважни се антигените од АВО-системот во кој се опфатени крвните групи А, В, О и АВ. Присуството на специфични антигени (А и В аглутиногени) во мембраната на еритроцитите и на антитела (анти-А и анти-В аглутинини) во крвната плазма ја ограничува можноста за трансфузија на крв меѓу одделните крвни групи. При несоодветна трансфузија на крв, се појавува аглутинација помеѓу аглутиногенот А и анти-А аглутининот, и аглутиногенот В со анти-В аглутининот. Освен АВО-системот, кај човекот постои и Rh-антигенски фактор за класификација на крвните групи. Овој систем се базира врз постоењето на уште еден протеин (D-антиген) во мембраната на еритроцитите. Луѓето кои поседуваат D-антиген се Rh позитивни, а оние кај кои отсуствува се Rh негативни. Во крвта на човекот не се присутни антитела специфични за Rh-факторот, но се создаваат при контакт со Rh позитивна крв.
- Артерии се сите крвни садови кои ја изнесуваат крвта од срцето до капиларите во ткивата и органите. Тие најчесто носат оксигенирана крв, освен белодробната артерија која носи деоксигенирана. Артериите секогаш се поставени длабоко во телото, покрај коските и под мускулите. Тие се гранат и стануваат се потенки, најмалите се артериоли кои поминуваат во капилари. Вени се сите крвни садови кои ја враќаат крвта од капиларите кон срцето,

носејќи редуцирана крв, освен белодробните вени. Најтенките крвни садови се капиларите кои ги поврзуваат крајните ограноци на артериите со почетните на вените. Изградени се од ендотел, што им помага во остварувањето на нивната основна улога - размена на материите и гасовите меѓу крвта и клетките.

- Срцето е шуплив мускулен орган кое со надолжна преграда е поделено на лева и десна половина. Секоја од нив со клапи е поделена на два дела, горе се преткоморите а долу коморите. Низ десната половина циркулира редуцирана крв, додека низ левата половина на срцето поминува оксидираната крв. Срцето работи на принципот на пумпа, а неговата ритмичка работа ја овозможува циркулирањето на крвта. Тоа постојано се контрахира (систола) и релаксира (дијастола) со цел да ја спроведе крвта до клетките и повторно да ја врати назад во срцето. Систолата и дијастолата и срцевата пауза го сочинуваат срцевиот циклус. Автоматската работа на срцето е под дејство на импулсот што се создава во синусниот јазол, наречен предводник на срцевиот ритам. Срцевата фреквенција е број на систоли што здравото срце ги извршува во една минута и зависи од честотата на нервните импулси во синусниот јазол. Разликата во потенцијалот што се создава во тек на срцевата работа, односно биоелектричните промени на срцето се бележат со електрокардиограф.
- Крвниот систем се состои од голем (телесен) крвоток и мал (белодробен) крвоток. Белодробниот крвоток го опфаќа патот на движење на крвта помеѓу срцето и белите дробови каде што крвта ќе се реоксидира. Потоа таа повторно се враќа во срцето. Оксидираната крв преку артериски дел се пренесува до ткивата каде што ќе се предаде кислородот. Јаглерод диоксидот се враќа во срцето со редуцираната крв преку венскиот дел од крвотокот .
- Имунитет е способност на организмот да се одбрани од внесените туѓи честички, односно од предизвикувачите на инфективни процеси. Постои неспецифичен и специфичен имунитет. Неспецифичниот се темели врз заштитната функција на неоштетената кожа, слузокожата на дигестивните и органите за респирација, како и на антибактериското дејство на нивните секрети. Специфичниот имунитет се остварува со одбранбената улога на одделните видови бели крвни клетки и антителата што ги создаваат некои од нив. Имунолошката реакција се остварува преку односот антиген-антитело што се базира на принципот на специфично препознавање на антигенот од страна на антителото. Се извршува според принципот клуч-брава.
- Во зависност од тоа дали имунолошкиот одговор на организмот се базира врз природно или вештачки создадени антитела се разликуваат природен и вештачки имунитет. Природниот имунитет се стекнува активно (по прележана болест) или пасивно (со пренесување на антитела од мајката на бебето во пренаталниот период или преку млекото). Вештачкиот имунитет исто така може да биде активно (по вакцинација) или пасивно стекнат (со внес на готови антитела).

ПРОВЕРЕТЕ ГО ВАШЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Наведете некои од функциите на крвта.
2. Кои се клеточните структури на крвта и каква е нивната улога во организмот?
3. Што претставува хемоглобинот и каква улога има?
4. Наведете ги составните компоненти на крвната плазма!
5. Кои се крвните протеини и објаснете ја нивната улога во коагулацијата на крвта!
6. Наведете ги функциите на: срцето, кардиоваскуларниот и лимфниот систем!
7. Во што се состојат разликите помеѓу: отворениот и затворениот систем за циркулација, телесниот и белодробниот крвоток, лимфниот систем и лимфоидните органи?
9. Направете разлика во градбата и функцијата меѓу артериите, вените и капиларите!
10. Споредете ги преткоморите и коморите во нивната градба и функција, и направете разлика меѓу левата и десната комора!
11. Зошто се значајни клапите во срцето и венските садови?
12. Објаснете го срцевиот автоматизам!
13. Опишете го патот на движењето на крвта во малиот и големиот крвоток!
14. Објаснете ги промените во текот на систолата и дијастолата на срцето!
15. Кои крвни садови ја изнесуваат крвта од срцето, каква крв носат, и во кој дел од циркулацијата се влеваат?
16. Кои се крвните садови кои ја враќаат крвта во срцето од различни делови на телото? Кои гасови се транспортираат преку нив?
17. Што претставуваат: пулсот и крвниот притисок!
18. Кои критериуми се користат во класификацијата на леукоцитите и кои типови леукоцити се разликуваат според тоа?
19. Во што е значењето на Т- лимфоцитите за здравјето на човекот?
20. Дефинирајте ги поимите антигени и антитела, објаснете ја реакцијата антиген-антитело и нејзиното значење во одбраната на организмот!



4 Респираторен систем

Во ова поглавје ќе учите за

- Градба на системот за респирација
- Спроводни дишни патишта и дишен дел
- Белодробна вентилација
- „Работа“ и енергија потребна за дишење
- Механизам на дишење и дифузија на гасовите
- Транспорт на кислородот и јаглерод диоксидот преку крвта
- Механизам на размена на гасови помеѓу крвта и клетките
- Регулација на дишењето

Системот за респирација е составен од специјализирани органи кои го овозможуваат дишењето како еден од основните процеси во еден биолошки организам. **Дишење** (респирација) е сложен физиолошки процес во кој се врши размена на гасови (кислород и јаглерод диоксид) помеѓу организмот и надворешната средина.

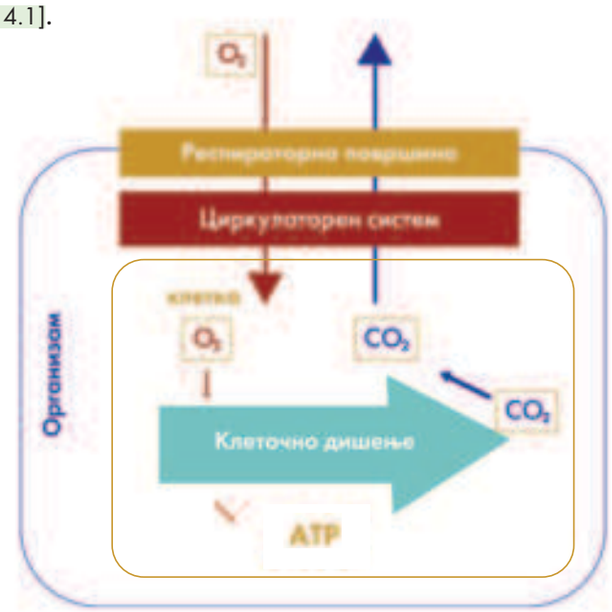
Во процесот на респирација, кислородот од надворешната средина, преку белите дробови, се пренесува до клетките, а јаглерод диоксидот продуциран во клетките, преку крвта се транспортира до белите дробови, а потоа по пат на издишување се ослободува во надворешната средина.

Кислородот е потребен за одвивање на оксидативните процеси во клетките. При оксидација на органските материи (јаглехидрати, масти и протеини) се ослободува енергија и јаглероден диоксид. Енергијата се користи за нормално функционирање на сите органски системи, додека јаглеродниот диоксид, како еден од крајните продукти на метаболичките процеси се исфрла од организмот.

Дишењето како процес се одвива во повеќе етапи во кои кислородот од воздухот преку белите дробови преминува во крвта, се пренесува до клетките во кои по оксидацијата на хранливите материи, добиениот јаглерод диоксид по обратен пат се отстранува од организмот.

Респираторниот систем анатомски е поделен на спроводни дишни патишта (носна празнина, голтник, грклан, трахеа, бронхии и бронхиоли) и дишен дел (алвеоли).

При поминувањето на воздухот од наворешната средина низ белите дробови, на ниво на алвеоли кислородот преминува во крвта, а истовремено, јаглеродниот диоксид од крвта преминува во алвеолите. Овој физиолошки процес се заснова на истовременото учество на **циркулаторниот** и **респираторниот систем**. [слика 4.1].



Слика 4.1 →
Поврзаност на циркулаторниот и респираторниот систем во размената на гасови.

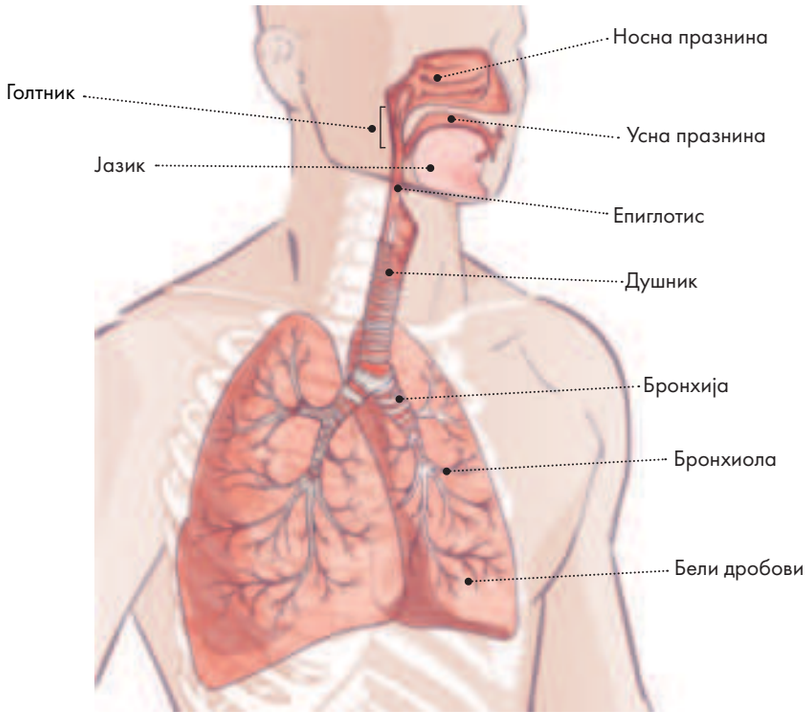
ГРАДБА НА СИСТЕМОТ ЗА РЕСПИРАЦИЈА

Според функцијата која ја извршуваат, органите кои го сочинуваат системот за респирација се поделени на спроводни дишни патишта и дишен дел [слика 4.2 и табела 4.1].

Табела 4.1. Анатомска поделба на респираторниот систем

Горни спроводни дишни патишта	Нос/носна празнина, голтник, грклан
Долни спроводни дишни патишта	Трахеа, бронхии, бронхиоли
Дишен дел (бели дробови)	Алвеоли





Слика 4.2 →
Општ план на градба на респираторниот систем.

Спроводни дишни патишта

Воздухот влегува во организмот преку **ноздри** (парни носни отвори). Во продолжение на ноздрите се наоѓа **носната празнина** која со носна преграда е надолжно поделена на два дела. Од задната страна, носната празнина преку хоани се поврзува со голтникот. Во внатрешноста, носната празнина е покриена со трепчест епител снабден со мукозни жлезди и густа мрежа од крвни капилари. Некои од улогите на ова епително ткиво се: бактерицидно дејство (како резултат на секреција на лигава течност - мукус од жлездестите клетки); затоплување на вдишениот воздух со помош на богатата мрежа од крвни капилари, задржување на микроорганизми и честички од прав од вдишениот воздух со помош на трепките на епителните клетки.

На овој начин, прочистениот и затоплен воздух се спроведува во голтникот [слика 4.3]. На сводот од носната празнина (во заден горен дел) се сместени клетките на мирисниот епител, кој содржи хеморецептори.

Во организмот воздух може да навлезе и преку усната празнина. Поради заштитната улога на епителот од носната празнина се препорачува дишењето да се одвива низ носот, а не низ устата.

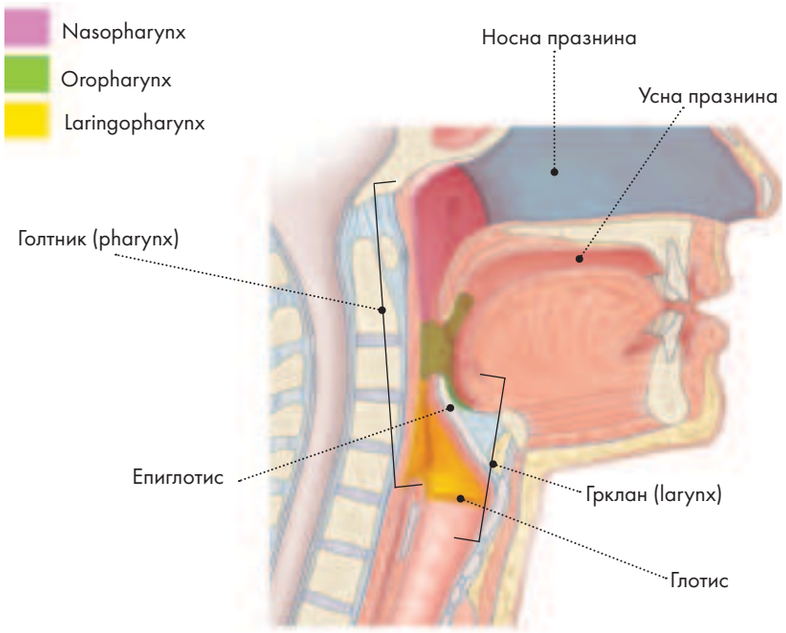
Носната празнина е орган со кој започнува системот за респирација. Преку него се внесува, прочистува и затоплува воздухот.

Преку ноздрите, носната празнина комуницира со надворешната средина, додека преку хоаните со голтникот.

На сводот од носната празнина е сместено **сетилото за мирис**.

Голтникот е заеднички орган на системот за дишење и на системот за дигестија, сместен позади носната и усната празнина.

- Во горниот дел, голтникот комуницира со носната празнина (преку хоаните) и со средното уво (преку Евстахиевата туба).
- Средниот дел на голтникот се поврзува со усната празнина и претставува премин и за водухот и за проголтаната храна.
- Во долниот дел од голтникот се наоѓаат отворите на грклanот и хранопроводот.



Слика 4.3 →
Носна празнина.

Голтникот (*pharynx*) е заеднички орган за дигестивниот и респираторниот систем. Тој е поделен на три дела: горен или носен дел (*nasopharynx*), среден или устен дел (*oropharynx*) и долен или грклански дел (*laryngopharynx*). Назофарингсот е дишен дел и комуницира со носната празнина (преку хоани) и со средното уво (преку Евстахиева туба). Средниот дел е поврзан со усната празнина и претставува премин и за водухот и за проголтаната храна. Во долниот дел од голтникот се наоѓаат отворите на грклanот и хранопроводот [слика 4.3].

Грклanот (*larynx*) е цевчест орган кој го поврзува голтникот со душникот [слика 4.3]. Тој помага во регулирањето на волуменот на воздухот кој влегува и излегува од белите дробови. Изграден е од 'рскавици различни по форма и големина и меѓу себе се споени со зглобови, лигаменти и мускули. Најголемиот 'рскавичен дел е **тироидната** (штитовидната) **'рскавица** која образува испупчување (Адамово јаболко кое е поголемо кај мажите). Овде се сместени гласните жици кои претставуваат мукозна набрана слузокожа која го обложува грклanот [слика 4.5]. Гласните жици треперат при протокот на воздухот од белите дробови кон надвор со што се овозможува создавање тонови со различна ви-



сина. Просторот меѓу гласните жици е наречен **глотис**, каде е сместена тенка листовидна 'рскавица (*epiglottis*) која претставува капаче на грклanot [слика 4.4]. При голтање, со епиглотисот се затвора отворот на душникот. На тој начин се раздвојуваат патиштата за воздух и храна, односно не се дозволува истовремено голтање и вдишување на воздух.

Душник (*trachea*) претставува продолжение на грклanot и неговата улога е да го пренесе воздухот од грклanot до белите дробови. Изграден е од полупрестенести 'рскавици (16-18) меѓу себе поврзани со густо сврзно ткиво, а нивните слободни краеви се поврзани со мазни мускулни клетки. Ваквата градба на душникот овозможува промена на дијаметарот, односно негово истегнување и проширување при актот на вдишување и издишување.

Во долниот дел душникот се разгранува на **десна** и **лева примарна** (**главна**) **бронхија** [слика 4.5]. Бронхиите се изградени од 'рскавични прстени. Бронхиите навлегуваат во белите дробови заедно со нервни влакна, крвни и лимфни садови. Во двете белодробни крила, бронхиите се разгрануваат на уште помали цевчиња – **бронхиоли**, формирајќи изглед на стебло т.н. **бронхијално стебло**. Понатаму бронхиолите се разгрануваат и преминуваат во најмали завршни бронхиоли (со пречник од 0,5 до 1 mm) кои завршуваат со белодробни меурчиња – **алвеоли**.



Слика 4.5 →
Душник и бронхијално стебло.

Грклanot е цевчест орган кој служи за дишење и создавање глас. Во него се сместени гласните жици кои треперејќи создаваат глас.

Епиглотисот е капаче на грклanot кое спречува навлегување на храната во трахеата.



Слика 4.4 →
Грклан, гласни жици и глотис

Душникот и **бронхиите** се изградени од полупрстенести 'рскавици чија главна функција е да обезбедат движење на воздухот во и од секое белодробно крило.

Интересен податок:

При напорна мускулна работа, потребите за кислород на организмот можат да се зголемат дури и до 20 пати од нормалната количина. При вежбање се зголемува и минутниот волумен на срцето, поради што крвта за половина пократко време се задржува во белодробните капилари. Но сепак, крвта е речиси целосно заситена со кислород кога ќе ги напушти белодробните капилари. Ова се постигнува заради зголемениот капацитет за дифузија на кислородот, поголем број капилари учествуваат во размената на гасовите и зголемената вентилација во горните делови на белите дробови.

Главната функција на бронхиите, како и на другите спроводни патишта од респираторниот систем, е да обезбеди движење на воздухот во секое белодробно крило. Улогата на бронхиолите е да го доведат воздухот до алвеолите во кои се одвива размената на гасови. Ѕидовите на бронхиолите се изградени од мазни мускули кои овозможуваат промена на дијаметарот на бронхиолите, а со тоа и волуменот и протокот на воздухот во белите дробови.

Спроводните дишни патишта се обложени со слузокожа изградена од епителни клетки во форма на пехар со трепки (цилии), кои продуцираат слуз за кој би се залепиле најситните честички од прав и патогени микроорганизми од вдишаниот воздух. Слузта со помош на трепките се спроведува кон погорните дишни патишта, со цел штетните честички да се исфрлат со кивање, кашлање или издувување на носот.

Белите дробови (*pulmones*) се парни органи (лево и десно белодробно крило) изградени од сунѓересто еластично ткиво (со розова боја), сместени во градната празнина (torax). Таа е одвоена од телесната празнина со дијафрагма, која има полукружна форма. Десното белодробно крило се состои од три резени (**лобуси**), додека левото белодробно крило се состои од два резени и е помало поради локацијата на срцето пред него. Секој резен е поделен на уште помали делови кои се физиолошки независни.

Белите дробови се сместени во градната празнина. Тие се изградени од сунѓересто еластично ткиво.

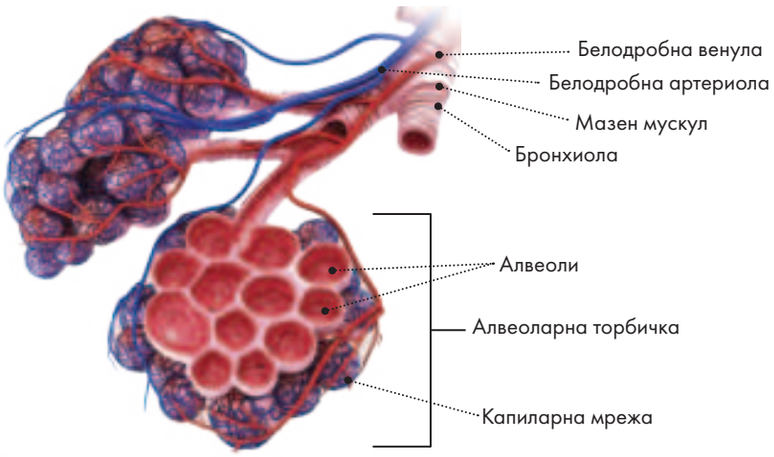
Секое белодробно крило е обвиткано со двослојна белодробна обвивка (кошулка) или **плевра** (*pleura*). Помеѓу двата слоја на плеврата се наоѓа плеврална празнина исполнета со серозна течност која постојано ги навлажнува обвивките. Надворешната плевра ги покрива ѕидовите на градната празнина, а внатрешната плевра ги обложува белите дробови.

Градната празнина е одделена од телесната празнина со дијафрагмата.

Алвеолите наликуваат на мали торбички слични на грозд, снабдени со богата капиларна мрежа [слика 4.6]. и се местата каде се одвива размената на гасови во белите дробови. Тие се изградени од плочест епител преку кој се врши размената на гасовите меѓу внатрешноста на алвеолата и капиларната мрежа. Освен епителни клетки во алвеолите има и специјализирани клетки кои продуцираат супстанца (сурфактант) која го спречува слепувањето на алвеолите (при издишување). Белите дробови кај човекот содржат голем број алвеоли (околу 300.000.000), со што се овозможува голема респираторна површина преку која се извршува размената на гасовите (околу 70 m^2).



Внатрешните ѕидови на алвеолите се постојано влажни и во нив секогаш останува извесна количина на воздух (алвеоларен воздух), кој во однос на атмосферскиот воздух има различен состав на гасови.



Слика 4.6 →
Градба на алвеоли.

Белодробните крила се обвиткани со дволисна серозна кошулка (плевра). Просторот помеѓу нив претставува интерплеврален простор.

БЕЛОДРОБНА ВЕНТИЛАЦИЈА

Основниот процес преку кој се снабдува организмот со кислород е респираторниот процес кој опфаќа неколку етапи:

1. **размена на гасовите** помеѓу белите дробови и надворешната средина (белодробна вентилација), односно помеѓу белодробните алвеоли и белодробните капилари (влегува кислород, излегува јаглероден диоксид);

2. **размена на гасовите** меѓу крвта и телесните ткива (кислородот минува низ мембраната на капиларите и навлегува во клетките, а јаглерод диоксидот од ткивата навлегува во капиларите); кислородот учествува во процеси на оксидација на органски материи при што се ослободува енергија (клеточно дишење);

3. **транспорт на кислородот** (од белите дробови преку крв до сите клетки); транспорт на јаглерод диоксидот (од ткива преку крв до бели дробови).

Размената на гасовите се одвива во алвеолите и затоа тие имаат многу тенки ѕидови и добро се снабдени со крвни садови.

Ритмичкото движење на градниот кош, променувајќи го неговиот волумен, остварува размена на гасовите помеѓу организмот и надворешната средина.

Интересен податок:

Вредностите на просечната фреквенција на дишење (респирации во минута)се менуваат зависно од возраста и полот:

новороденче	44 респирации во минута
дете до 5 години	26 респирации во минута
деца во пубертет	20 респирации во минута
возрасна жена	14 – 18 респирации во минута
возрасен маж	16 – 22 респирации во минута

Вкупното количество воздух што ќе помине низ белите дробови за време од една минута се нарекува **минутна вентилација** (минутен респираторен волумен).

Бројот на респирации во минута , кај возрасен човек, во услови на мирување се движи од 10 до 16 или во просек 14 вдишувања во минута.

Белодробната вентилација, односно размената на гасовите помеѓу организмот и надворешната средина се одвива со ритмичкото движење на градниот кош. Ова движење е пропратено со промена на волуменот на градниот кош, промена на притисокот во градната празнина и движење на белодробието. Ритмичките движења се состојат од;

1. **Вдишување** (**инспирација**, *inspirium*), влегува воздух во белите дробови и
2. **Издишување** (**експирација**, *exspirium*), се исфрла воздух од белите дробови.

Човекот со една инспирација внесува околу 0,5 литри воздух и експирира речиси иста количина. Ритмичкото повторување на инспирации и експирации, односно бројот на респирации во минута е 12-16 пати и претставува **белодробна фреквенција** (**фреквенција на дишење**).

Вкупното количество воздух што ќе помине низ белите дробови за време од една минута претставува минутна вентилација (минутен респираторен волумен). Минутната вентилација зависи од фреквенцијата на дишењето (12-16 респирации во минута) и од респираторниот волумен (околу 500ml), а се менува во зависност од тоа дали организмот е во мирување или во друга состојба и активност. Така, при мирување, минутната вентилација изнесува од 6 до 8 L, а при физичка активност таа се зголемува.

Алвеоларна вентилација е количество на свеж воздух што ќе дојде до алвеолите во единица време при мирување.

МЕХАНИЗАМ НА ДИШЕЊЕ

Вдишувањето и издишувањето, односно вентилацијата на белите дробови се изведува со движења на градниот кош, ребрата и **меѓуребрените** (**интеркостални**) **мускули** (сместени меѓу ребрата, а се поврзани со 'рбетот). Дополнителна улога во процесот на белодробното дишење има и **дијафрагмата** [слика 4.7].

Вдишувањето (инспирација) е активна фаза на дишењето, при која дијафрагмата се контрахира, што предизвикува нејзино движење надолу. На овој начин се зголемува волуменот на градната празнина. Во исто време се контрахираат и меѓуребрените мускули, со што ребрата се подигнуваат нагоре, а тоа доведува до ширење на градниот кош. При ова помагаат и мускулите од вратот и ѕидот на градниот кош. Овие движења овозможуваат



намалување на внатрешниот притисок, со што белите дробови се полнат со воздух од надворешната средина.

Издишувањето (експирација) е пасивната фаза на дишењето, односно за извршување на овој акт не е потребна речиси никаква мускулна активност. По завршувањето на инспирацијата, меѓуребрените мускули се олабавуваат (релаксираат), ребрата се движат надолу, а дијафрагмата нагоре. Овие движења доведуваат до намалување на волуменот на градниот кош, кое е проследено со притисок врз белите дробови, истиснување на воздухот и празнење на белите дробови.

Алвеоларна вентилација е количината на нов воздух што ќе дојде до алвеолите во белите дробови.



А. За време на инспирација (вдишување) градната празнина се проширува, ребрата се движат нагоре, а дијафрагмата надолу. Притисокот во белите дробови се намалува и воздухот навлегува во нив



Б. За време на експирација (издишување) волумнот на градната празнина се намалува, ребрата се движат надолу, а дијафрагмата нагоре. Притисокот во белите дробови се зголемува и воздухот излегува од нив

Слика 4.7 →
Механизам на дишење – инспирација (А) и експирација (Б)

Вдишувањето или инспирација како активна фаза на дишењето се овозможува со: 1. контракција на меѓуребрените мускули, при што ребрата се движат нагоре и 2. движењето на дијафрагмата надолу.

Во состојба на мирување, сите респираторни мускули се контрахираат само при инспириум, додека експириумот е целосно пасивен процес. Затоа при мирување, од вкупната енергетска потрошувачка во човечкото тело само 3 до 5 % се троши за белодробна вентилација, додека при физичка активност, потребата за енергија може да се зголеми повеќекратно.

Издишувањето или експирација како пасивна фаза во дишењето се овозможува со: 1. релаксација на меѓуребрените мускули, при што ребрата се движат надолу и 2. дијафрагмата се движи нагоре

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Преземање на кислородот во белодробната крв за време на физичка активност

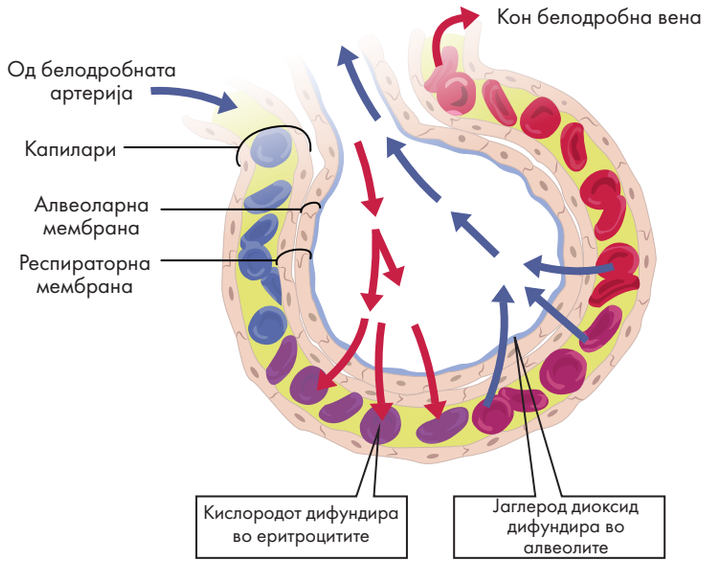
При напорна мускулна активност, потребите на организмот за кислород можат да се зголемат дури за 20 пати од нормалната количина. Исто така, поради зголемениот минутен волумен на срцето за време на вежбањето, времето што крвта го поминува во белодробните капилари може да се намали на помалку од половина од нормалното. Но и покрај краткото време, крвта ги напушта белодробните капилари, речиси целосно заситена со кислород. Ова се должи на:

1. Капацитетот за дифузија на кислородот, при мускулна активност се зголемува речиси три пати. Ова е условено главно со зголемување на бројот на капиларите кои учествуваат во размената на гасовите. Но и со подобрување на односот помеѓу количината на воздух што доаѓа до алвеолите и количеството крв што се испраќа во горните делови од белите дробови (вентилација – перфузија).

2. Во нормални услови крвта речиси комплетно се оксигенира за време на поминување низ првата третина од должината на белодробните капилари. Количината на кислород која дифундира во крвта низ преостанатите две третини од должината на капиларите е мала. Тоа значи дека крвта во белите дробови се задржува трипати подолго отколку што е потребно за целосна оксигенација. Затоа, за време на вежбање, дури и со скратено време на поминување на крвта низ капиларите, крвта сè уште може целосно или речиси целосно да се оксигенира.

РАЗМЕНА НА ГАСОВИ (ДИФУЗИЈА НА ГАСОВИ)

Размената на гасовите во организмот се врши на две места: 1. на ниво на бели дробови, меѓу воздухот во алвеолите и крвта и 2. на ниво на ткиво, меѓу крвта и клетките. Минувањето на гасовите низ мембраните настанува преку процесот на дифузија.

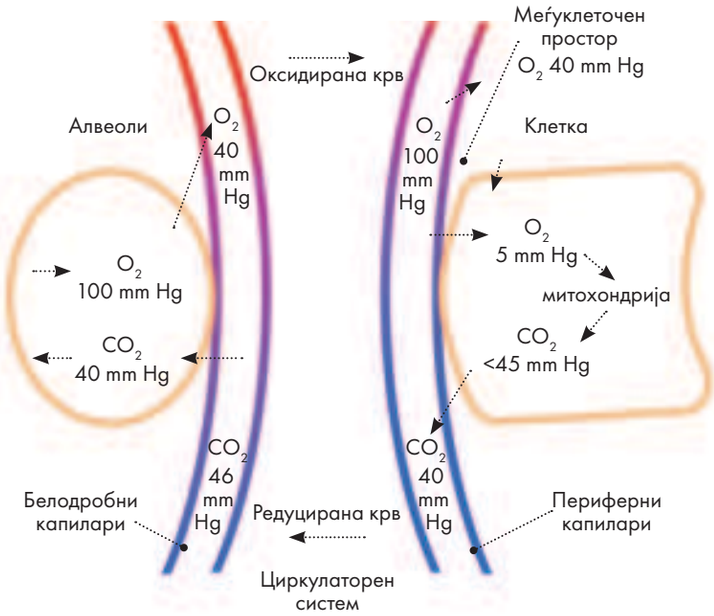


Слика 4.8 →
Дифузија на гасови помеѓу алвеолите и белодробните капилари.

Дифузијата на гасови се одвива како резултат на разлика во парцијалните притисоци на O_2 и CO_2 и тоа: 1. во алвеолите и белодробните капилари и 2. во капиларите и меѓуклеточната течност и клетките. На слика 4.8 е прикажана размената на гасови помеѓу алвеолите и белодробните капилари.

Дифузијата, односно преминот на гасовите низ мембраните се одвива од средина со поголема кон средина со помала концентрација, односно од средина со повисок кон средина со понизок парцијален притисок на гасовите. Токму, разликата во парцијалните притисоци на кислородот и јаглерод диоксидот овозможува нивно минување низ респираторната (алвеоларната) и клеточната мембрана [слика 4.9]. Во табелата 4.2 се наведени вредности за парцијалните притисоци и процентуалната застапеност на кислородот и јаглеродниот диоксид во средини каде се одвива размената на гасовите.





Слика 4.9 →
Разлика во парцијалните притисоци на кислород и јаглерод диоксид помеѓу алвеолите и клетките кои овозможуваат одвивање на процесот на дифузија на гасови.

При процесот на дифузија на гасовите, парцијалниот притисок на кислородот е повисок во вдишениот (алвеоларен) воздух (100 mm Hg), во споредба со тој во белодробните капилари (40 mm Hg) [слика 4.9]. Затоа, кислородот дифундира низ респираторната мембрана од алвеолите и преминува во крвта од белодробните капилари. На ниво на ткивата, исто така кислородот дифундира од периферните капилари (100 mm Hg) во меѓуклеточниот простор (40 mm Hg), а потоа и во клетките (5 mm Hg) по принципот на разликата во парцијалните притисоци во двете средини.

За јаглерод диоксидот, разликата на парцијалните притисоци е обратна [слика 4.9]. Парцијалниот притисок на јаглерод диоксидот е понизок во алвеоларниот воздух (40 mm Hg) и периферните капилари (околу 40 mm Hg) во однос на тој во белодробните капилари (46 mm Hg) и клетките (45 mm Hg). Токму поради оваа разлика на парцијалните притисоци, јаглерод диоксидот преминува од белодробните капилари во алвеолите, а од клетките преминува во крвта од периферните капилари.

Процесите на размена, односно дифузија на кислородот и јаглерод диоксидот се одвиваат истовремено.

Во клетките, кислородот се употребува за оксидација на хранливите материи, при што како крајни продукти се создаваат вода и јаглерод диоксид (клеточно дишење). Затоа, парцијалниот притисок на јаглерод диоксидот во клетките е поголем во спо-

Дифузијата на гасовите се одвива преку алвеоларната и клеточната мембрана по пат на дифузија, врз база на разликата на парцијалните притисоци на O_2 и CO_2.

Парцијалниот притисок на O_2 во алвеоларниот воздух е поголем отколку во крвта и затоа дифундира од алвеоли во крв. За CO_2 е обратно, и дифузијата се одвива од крвта во алвеолите.

Парцијалниот притисок на O_2 во крвта е повисок отколку во цитоплазмата на клетките и тој преминува од крвта во клетката, минувајќи ја клеточната мембрана.

Во клетките CO_2 се создава како продукт на клеточното дишење. Затоа парцијалниот притисок на CO_2 во клетките е повисок и тој дифундира во крвта.

O_2 се транспортира од алвеолите преку крвта во клетките, додека CO_2 од клетките преку крвта до белите дробови.

редба со тој во меѓуклеточниот простор. Ова доведува до негово дифундирање во меѓуклеточниот простор, а потоа навлегува во периферните капилари, каде што неговиот парцијален притисок е понизок. Преку вените, крвта доаѓа до срцето, од каде што преку белодробната артерија се упатува до белите дробови, односно до белодробните капилари, со што повторно започнува процесот на оксигенација на крвта.

Табела 3. **Парцијален притисок и процентуална застапеност на кислородот и јаглерод диоксидот во средини каде што се врши нивната дифузија, низ респираторната (алвеоларната) и клеточната мембрана.** *Парцијалниот притисок на одреден гас зависи од неговата концентрација или процентуалната застапеност во воздухот.*

Средини каде што се врши размена	pO_2		O_2	pCO_2		CO_2
	mmHg	kPa	%	mmHg	kPa	%
Вдишен (атмосферски) воздух	158.8	21.1	20.9	0.23	0.03	0.03
Издишен воздух	124.6	16.6	16.4	31.1	4.1	4.1
Алвеоларен воздух	106.4	14.1	14.0	39.0	5.1	5.2
Во крвни садови	100.0	13.3	13.1	40.0	5.3	5.3
Во клетки	20.0 – 40.0	2.6 – 5.3	2.6 – 5.3	45.0 – 60.0	6.0 – 8.0	5.9 – 7.9

97 % од O_2 се транспортира преку еритроцитите, а остатокот (3%) се транспортира како растворен гас преку крвната плазма.

Транспорт на кислородот и јаглерод диоксидот преку крвта

По извршената дифузија низ мембраните, кислородот и јаглерод диоксидот се транспортираат преку крвта. Крвта, за разлика од водата, има поголем капацитет за пренесување на кислород. Оваа карактеристика на крвта се должи на присуството на хемоглобинот кој претставува респираторен пигмент сместен во еритроцитите.

Кислородот од алвеоларниот воздух преку белодробните капилари дифундира во крвта.

Преку крвта кислородот до клетките се пренесува врзан за хемоглобинот (97%), додека мал дел од кислородот се пренесува како растворен гас во крвната плазма (3%).



Хемоглобин (Hb) е респираторен пигмент со црвена боја изграден од протеински дел – глобин и хем група. Протеинскиот дел е составен од 4 дела (ланци). Секој дел содржи по една хем група (вкупно 4) во чиј состав има по еден јон на железо (Fe^{++}). Секој јон на железо се врзува со една молекула на кислород формирајќи оксихемоглобин (HbO_2):

$$Hb + O_2 \longleftrightarrow HbO_2$$

деоксихемоглобин — оксихемоглобин

Процесот на врзување на O_2 за хемот од хемоглобинот се нарекува **оксигенација**. Во ваква форма, преку белодробната крвна мрежа и белодробните вени, кислородот се транспортира до срцето. Кога срцето се контрахира, преку артериските крвоток и артериските капилари кислородот се носи до сите ткива и клетки.

Кислородот се врзува за хемоглобинот со слаба врска и затоа во делови од телото каде што концентрацијата на кислородот е ниска, оксихемоглобинот дисоцира на кислород и хемоглобин (**деоксихемоглобин**). Ослободениот кислород по пат на дифузија, од периферните капилари поминува во меѓуклеточната течност, а потоа и во клетките. Слободниот хемоглобин може повторно да врзе нови молекули на кислород.

Кислородот се врзува со железото од хемоглобинот градејќи оксихемоглобин, во региони од телото кои се богати со кислород.

Создавањето на **оксихемоглобин** и неговата дисоцијација до хемоглобин е реверзибилен процес кој се одвива на различни места во човековиот организам во зависност од концентрацијата на кислородот. Во деловите од телото богати со кислород се создава оксихемоглобин, додека во деловите кои се сиромашни со кислород, дисоцира на кислород и хемоглобин (деоксихемоглобин).

Во региони од телото сиромашни со кислород (кислороден дефицит), хемоглобинот го ослободува кислородот во ткивата.

Во клетките, во присуство на кислород се одвиваат низа метаболички оксидативни процеси при што како краен продукт се ослободува јаглерод диоксидот. Вака формираниот јаглероден диоксид од клетките, односно ткивата, дифундира во крвта на периферните капилари. Од тука започнува транспортот на јаглерод диоксидот. Во крвта, започнуваат низа реакции кои се неопходни за транспорт на јаглерод диоксидот [слика 4.10]. Транспортот на CO_2 се одвива на неколку начини:

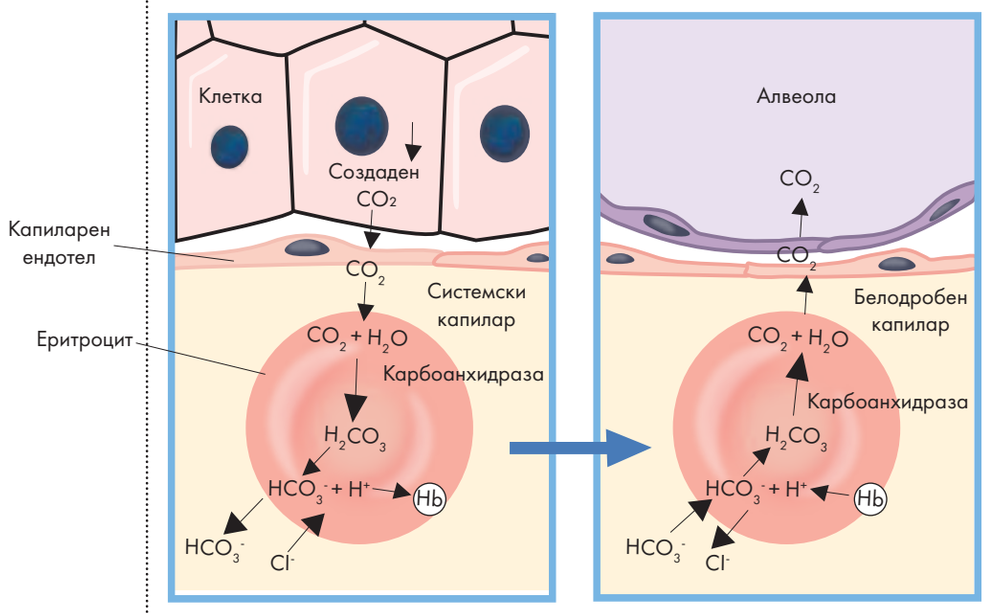
Најголем дел од CO_2 се транспортира преку крвната плазма во форма на **јаглеродна киселина**, а само мал дел се транспортира преку хемоглобинот.

1. Најголемиот дел од CO_2 (70 %) се транспортира во форма на бикарбонатен јон [слика 4.10]. Во еритроцитите под влијание на ензимот **карбоанхидраза**, јаглерод диоксидот и водата формираат слаба јаглеродна киселина која понатаму дисоцира на бикарбонатен и водороден јон:

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

2. 23% од јаглерод диоксидот се врзува за хемоглобинот и во форма на карбаминохемоглобин се транспортира до белите дробови.

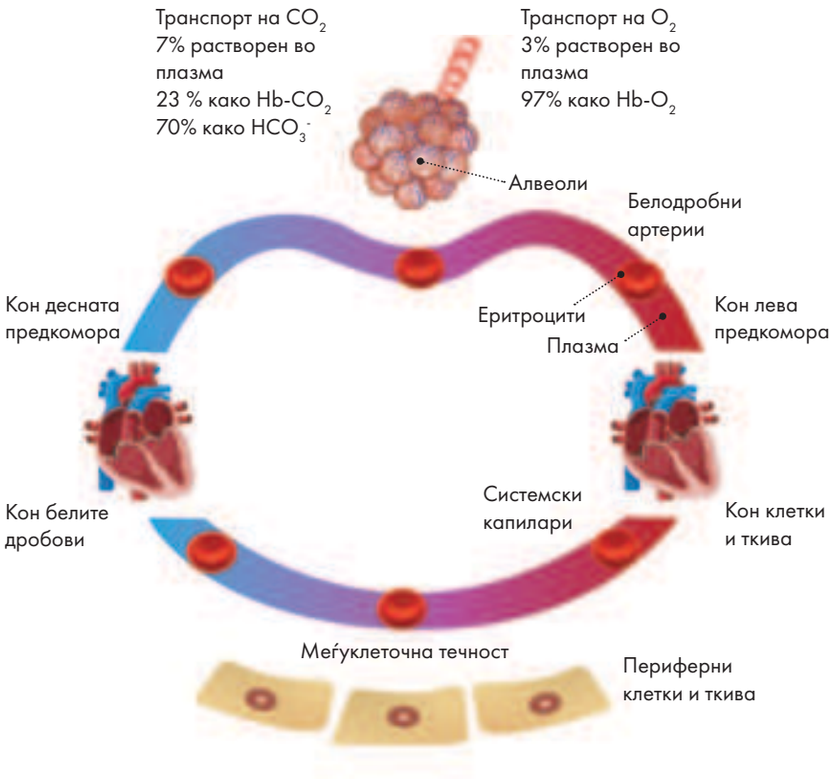
3. Мал дел (околу 7 %) од јаглерод диоксидот се транспортира растворен во течниот дел на крвта (во крвната плазма).



Слика 4.10 →
Транспорт на јаглерод диоксид.

На овој начин јаглерод диоксидот од ткивата се транспортира со редуцираната крв до срцето преку венскиот крвоток. Од таму, преку белодробната артерија јаглерод диоксидот се носи до белите дробови, каде што дифундира од капиларите во алвеолите [слика 4.11] и преку експирација се исфрла од организмот. Дифузијата на CO_2 од капиларите во алвеолите е побрза во споредба со дифузијата на кислородот од алвеолите во капиларите.





Слика 4.11 →
Транспорт на кислород и јаглерод диоксид помеѓу клетките, крвта и алвеолите.

Регулација на дишењето

Контролата на процесот на дишење (вдишување и издишување) се одвива преку мозочните центри од ЦНС. Центрите за дишење се сместени во продолгениот мозок и во мостот на Вароли [слика 4.12]. Во продолгениот мозок има два основни центри за дишење (инспираторен и експираторен) кои меѓусебно се инхибираат:

- **Инспираторен центар** – ја поттикнува инспирацијата (вдишувањето на воздух). Овој центар ги инервира **инспираторните мускули** (дијафрагма и надворешни меѓуребрени мускули).
- **Експираторен центар** – ја поттикнува експирацијата (издишувањето на воздух). Овој центар ги инервира **експираторните мускули** (внатрешни меѓуребрени мускули).

Центрите за дишење (инспираторен и експираторен) се сместени во продолгениот мозок.

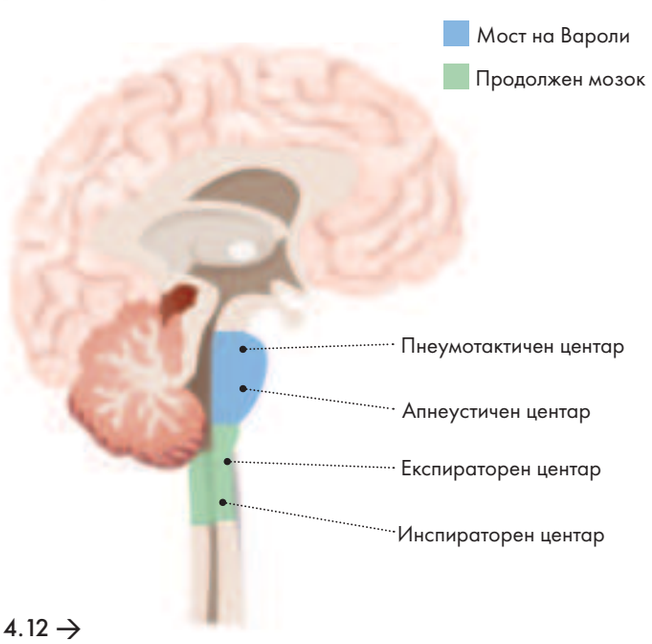
Центрите за **регулација на фреквенцијата на дишење** се наоѓаат во мостот на Вароли.

Во мостот на Вароли се наоѓаат центри за регулирање на фреквенција на дишење. Во овој дел од мозочното стебло сместени се два центри кои, слично на центрите во продолжениот мозок, меѓусебно се инхибираат:

- **Апнеустички центар** – регулира долги и длабоки вдишувања со што го контролира интензитетот на дишење и
- **Пнеумотаксичен центар** - инхибира центар за инспирација, односно стимулира центар за експирација.

Регулацијата на респираторниот процес, односно респираторните центри се одвива и со учество на:

- центарот за терморегулација;
- рецепторите за истегнување на скелетните мускули;
- рецепторите за болка;
- рецептори во грклан и во душникот (кои се дразнат ако навлезе храна во душникот, што предизвикува кашлање);
- хеморецепторите кои реагираат на промената на концентрација на кислород и јаглерод диоксид во крвта. При тоа, важно е да се знае, дека зголемената концентрација на јаглерод диоксид во крвта многу повеќе го стимулира центарот за дишење отколку концентрацијата на кислород во крвта.



Слика 4.12 →
Центри за регулирање на дишењето во продолжениот мозок и во мостот на Вароли.



АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Отстранување на јаглерод диоксид:

Кога јаглерод диоксидот ќе навлезе во еритроцитите, реагира со водата и во присуство на ензимот карбоанхидраза гради слаба јаглеродна киселина (H_2CO_3) [слика 4.10]. Таа е непостојана и веднаш се разградува (дисоцира) на бикарбонатен јон (HCO_3^-) и водороден јон (H^+).

а) Повеќето од создадените водородни јони се врзуваат со хемоглобинот (Hb) во еритроцитите и градат ацидобазен пуфер.

б) Дел од создадениот бикарбонатен јон се врзува со K^+ и гради калиум бикарбонат ($KHCO_3$) и во ваква форма се транспортираат 25 % од количеството јаглерод диоксид.

Калиум бикарбонатот дисоцира на K^+ и HCO_3. Голем дел од бикарбонатниот јон, по пат на дифузија поминува во крвната плазма и реагира со натриумот градејќи натриум бикарбонат ($NaHCO_3$). Во ваква форма се транспортираат 45 % од вкупната количина на јаглерод диоксид. Кога бикарбонатните јони дифундираат од еритроцитите во крвната плазма, хлорните јони дифундираат во еритроцитите да го заземат нивното место и со калиумот градат калиум хлорид. Оваа дифузија е овозможена од специјалните протеински носачи за бикарбонати и хлориди во мембраната на црвените крвни клетки кои го помагаат транспортот на овие два јона во спротивни правци и со голема брзина.

Кратка содржина

- Дишење (респирација) е сложен физиолошки процес во кој се врши размена на гасови (кислород и јаглерод диоксид) помеѓу организмот и надворешната средина.
- Размената на гасовите помеѓу крвта и воздухот во алвеолите се врши во белите дробови. До белите дробови воздухот доаѓа преку спроводни дишни патишта (носна празнина, голтник, грклан, душник, бронхии, бронхиоли) и алвеоли.
- Голтникот (pharynx) е заеднички орган за дигестивниот и респираторниот систем. Во долниот дел од голтникот се наоѓаат отворите на грклanот и хранопроводот.
- Грклanот (larynx) е цевчест орган кој го поврзува голтникот со душникот.
- Душник (trachea) претставува продолжение на грклanот и неговата улога е да го пренесе воздухот од грклanот до белите дробови. Во долниот дел душникот се разгранува на десна и лева примарна (главна) бронхија. Во двете белодробни крила, бронхиите се разгрануваат на уште помали цевчиња – бронхиоли, формирајќи изглед на стебло т.н. бронхијално стебло.
- Алвеолите наликуваат на мали торбички слични на грозд, снабдени со богата капиларна мрежа и се местата каде се одвива размената на гасови во белите дробови. Белите дробови кај човекот содржат голем број алвеоли (околу 300.000.000), со што се овозможува голема респираторна површина преку која се извршува размената на гасовите
- Воздухот влегува во белите дробови (вдишување – инспирација) со ширење на градниот кош и спуштање на дијафрагмата, а со собирање на градниот кош и подигнувањето на дијафрагмата, воздухот излегува од белите дробови (издишување – експирација).
- Белодробната вентилација се состои од три процеси: 1. размена на гасовите помеѓу белите дробови и надворешната средина (белодробна вентилација), односно помеѓу белодробните алвеоли и белодробните капилари (влегува кислород, излегува јаглероден диоксид);

  2. размена на гасовите меѓу крвта и телесните ткива (кислородот минува низ мембраната на капиларите и навлегува во клетките, а јаглерод диоксидот од ткивата навлегува во капиларите); 3. транспорт на кислородот (од белите дробови преку крв до сите клетки); транспорт на јаглерод диоксидот (од ткива преку крв до бели дробови).
- Парцијалниот притисок на O_2 во белодробните меурчиња е поголем од притисокот на O_2 во крвта на белодробните капилари. Затоа O_2 преминува во крвта. Спротивно, концентрацијата на CO_2 во белодробните капилари е поголема, па CO_2 излегува од крвта во алвеолите и на крајот со издишување се исфрла од организмот во надворешната средина.
- Кислородот во крвта се врзува со железото од хемоглобинот, а јаглерод диоксидот се врзува главно со водата во крвната плазма, создавајќи јаглеродна киселина. Кислородот од крвните капилари дифундира во клетките, а јаглерод диоксидот преминува од клетките во капиларите. Ова движење на гасовите, исто така се должи на разликата во парцијалните притисоци.
- Хемоглобин (Hb) е респираторен пигмент со црвена боја изграден од протеински дел – глобин и хем група. Процесот на врзување на O_2 за хемот од хемоглобинот се нарекува оксигенација.
- Вкупното количество воздух што ќе помине низ белите дробови за време од една минута се нарекува минутна вентилација (минутен респираторен волумен).
- Бројот на респирации во минута при мирување се движи од 10 до 24 или средно 16 вдишувања во минута. Максималниот волумен до кој белите дробови можат да се растегнат е збир на дишен (респираторен) волумен, инспираторен резервен волумен, експираторен резервен волумен и резидуален волумен.

- Алвеоларна вентилација е количество на свеж воздух што ќе дојде до алвеолите во единица време при мирување.
- Контролата на процесот на дишење (вдишување и издишување) се одвива преку мозочните центри од ЦНС. Центрите за дишење се сместени во продолжениот мозок (инспираторен и експираторен, кои меѓусебно се инхибираат) и во мостот на Вароли (апнеустички и пневмотактички центар, кои се одговорни за регулирање на фреквенција на дишење).

ПРОВЕРЕТЕ ГО ВАШЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Подреди ги органите од системот за респирација во анатомска и функционална целина!
2. Зошто треба да се настојува да се дише низ носот, а не низ устата?
3. Која е улогата на гркланот како горен дишен пат?
4. Како се нарекува максималното количество воздух што може да се издише од белите дробови по едно длабоко вдишување?
5. Што е витален капацитет?
6. Што е дишен волумен?
7. Од што се состои вентилацијата на белите дробови?
8. Кои промени настануваат за време на вдишување – инспириум?
9. Наведи ги промените кои настануваат за време на издишување – експириум?
10. На кој начин се транспортира CO_2 од ткивата до белите дробови?
11. Кога може да биде нарушена размената на кислородот и CO_2?
12. Објасни го процесот на регулација на дишењето!
13. Како се одвива дишењето при зголемена физичка активност?
14. Што е хемоглобин и која е неговата улога во процесот на дишење?
15. Опиши го процесот на размена на гасови!



5 Екскреторен систем

Во ова поглавје ќе учите за

- Екскреторен систем-градба на органи на екскреторен систем
- Механизми на создавање урина
- Филтрација, реапсорпција, секреција и лиминација на уринатa
- Состав на урина
- Регулација на бубрежната работа, водената и јонската хомеостаза
- Регулација на излачување урина
- Градба на кожниот систем, жлезди и рожни творби на кожата
- Функција на кожата
- Улога на кожата во терморегулација
- Видови зависности, алкохолизам, пушење, наркоманија и допинг

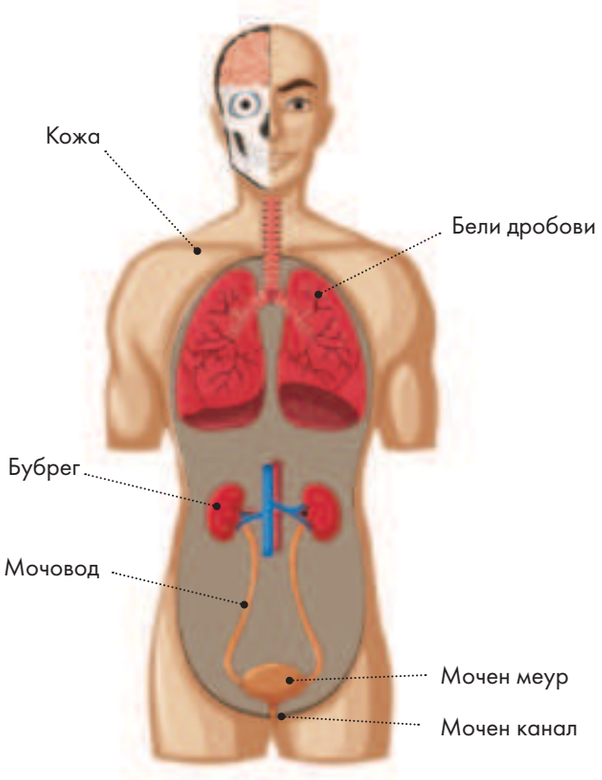
Во секој организам, како резултат на активноста на клетките се создаваат метаболички продукти (екскрети) од кои телото неопходно треба да се ослободи. Во групата на крајни метаболички продукти се вбројуваат јаглерод диоксид, азотни соединенија (уреа, амонијак, мочна киселина), фосфати, сулфати, фенол, индол и други. Сепак, во текот на живеењето, во организмот се внесуваат и различни токсини, лекови, бои и адитиви, кои организмот исто така е неопходно да ги отстрани.

Во организмот на човекот непотребните материи се отстрануваат преку: **екскреторниот систем (бубрезите), кожата, белите дробови** [слика 5.1] **и дигестивниот систем (тема 2)**. **Белите дробови** имаат улога во отстранувањето на најголемиот дел од јаглерод диоксид (се создава како резултат на клеточното дишење). **Бубрезите,** преку уринатa, вршат екскреција на вода, азотни материи, соли, разни метаболички продукти и токсични материи. **Кожата,** преку потта, врши елиминација на вода, соли, некои метаболички продукти. Во ова поглавје ќе ги продискутираме екскреторниот систем и кожата.

Системот за екскреција служи за ослободување на организмот од непотребните материи.

Екскрети се материи кои се крајни продукти од клеточниот метаболизам кои што телото ги исфрла надвор.

Регулирајќи ја содржината на водата и другите материи во крвта, екскреторниот систем ја одржува **хомеостазата** во организмот.



Слика 5.1 →
Органи кои учествуваат во процесот на екскреција.

ЕКСКРЕТОРЕН СИСТЕМ

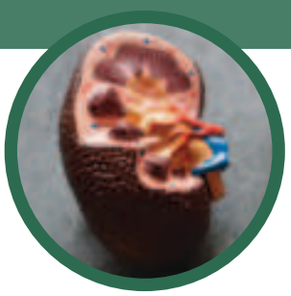
Процесот на отстранување на непотребните материи е наречен **екскреција**.

И покрај тоа што бубрезите, белите дробови и кожата и дигестивниот систем припаѓаат на различни системи, сите имаат заедничка улога – **остранување на непотребните материи**.

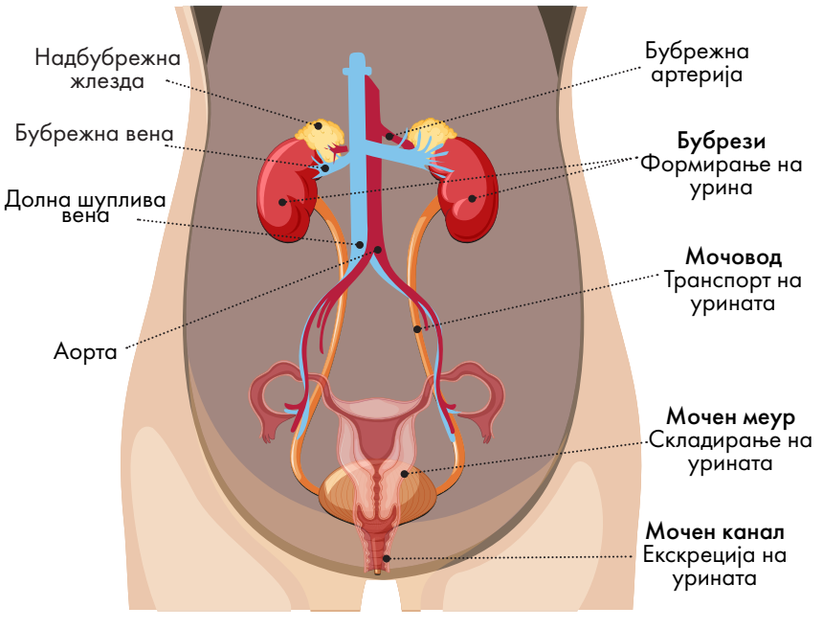
Процесот на отстранување на непотребните метаболити, наречен *екскреција*, е витален процес во опстојувањето на секој организам. Освен јаглеродни диоксидот, сите останати екскрети се излачуваат во вид на воден раствор (преку бубрезите, кожата, респираторниот и дигестивниот систем). Исфрлањето на водата е регулирано од бубрезите кои се главни органи на уринарниот систем. Водата е значајна за растворање на непотребните материи. Азотните соединенија, кои се добиваат при разградување на протеините, исто така се отстрануваат преку активноста на бубрезите. Преку регулирање на содржината на водата и другите материи во крвта, се овозможува постојана внатрешна средина на организмот – хомеостаза.

Градба на екскреторниот систем

Екскреторниот систем кај човекот се состои од **бубрези** *во кои се создава урината* и *органи за транспорт ,складирање и исфрлање на урината* [слика 5.2].



Урината се создава во бубрезите и од нив се исфрла преку канал наречен **мочовод (*уретер, ureter*)**. Преку двата мочовода се пренесува урината во **мочниот меур (*vesica urinaria*)**. При уринирање доаѓа до исфрлање на урината од мочниот меур во надворешната средина, **преку еден мочен канал (*уретра, urethra*)**, кој е во близина на вагината кај жените, а кај мажите минува низ пенисот. Во делот помеѓу мочниот канал и мочниот меур се наоѓаат прстенести мускули (сфинктери) кои служат за регулација на уринирањето.



Слика 5.2 →
Органи на екскреторен систем и нивна функција.

Бубрезите се парни органи изградени од:
- бубрежна капсула,
- бубрежна кора,
- бубрежна срцевина и
- бубрежно легенче.

Главни крвни садови во бубрегот се бубрежната артерија и бубрежната вена.

Градба и структура на бубрези

Бубрезите (*renes*) се парни органи со форма на зрно грав, долги околу 10 cm, со маса од 120 до 150 g, сместени во слабинскиот дел од телото. Секој бубрег е обвиен со **бубрежна капсула** која претставува масно ткиво и служи за потпора на телесниот ѕид и за амортизација при потреси. Во градбата на секој бубрег можат да се забележат три главни дела [слика 5.3]:

Бубрежната кора е изградена од бубрежни Малпигиеви телца.

1. **Бубрежна кора**, т.е. **надворешен слој** (*cortex renis*) сочинува околу една третина од бубрежното ткиво. Кората содржи бубрежни Малпигиеви (*Malphigi*) телца. Секое телце е изградено од Бовманова (Bowman) капсула и клопче од крвни капилари **гломерул,** (*glomerulus*), како и почетните делови од бубрежните каналчиња.

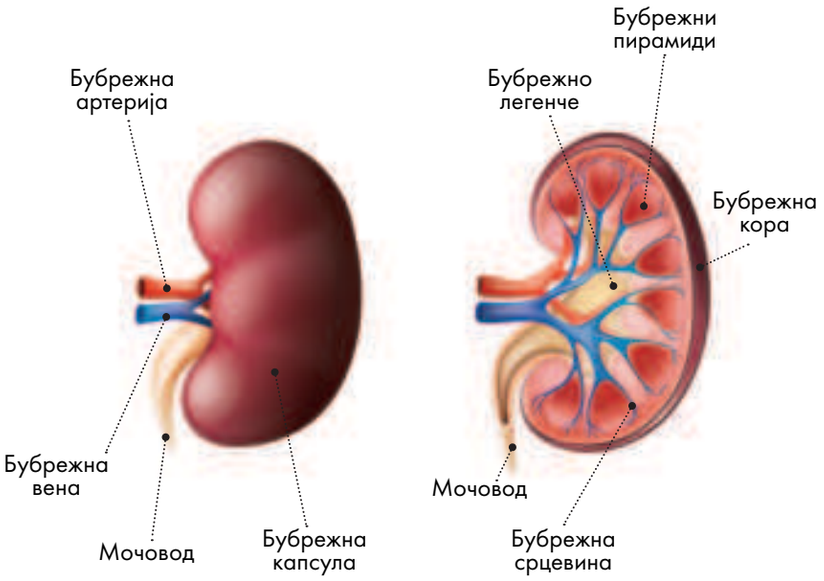
Бубрежната срцевина е составена од собирни каналчиња организирани во бубрежни пирамиди.

Бубрежното легенче е сместено во централниот дел од бубрегот и се надоврзува со мочоводите.

Бубрезите учествуваат во:
- одржување на хомеостазата на телесните течности, преку регулација на водата и јоните во крвта и клеточната течност.
- филтрирање на крвта и отстранување на непотребните и токсични материи кои се создаваат како резултат на клеточниот метаболизам.
- регулација на вкупната содржина на крвта.
- регулација на pH вредноста на крвта.
- регулација на метаболичките компоненти преку секреција на хормоните.

❷ **Бубрежна срцевина** или **внатрешниот слој** (*medulla renis*) ги претставува останатите две третини од бубрегот. Во срцевината продолжуваат каналчињата од бубрежната кора кои се влеваат во собирни каналчиња. Собирните каналчиња се организирани во пирамиди (10- 12) кои со врвот се отвораат во мали и големи бубрежни чашки, а потоа се надоврзуваат во бубрежното легенче.

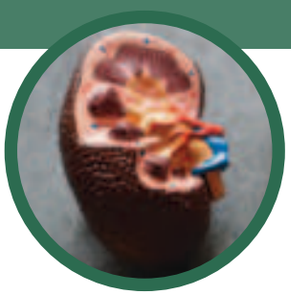
❸ **Бубрежно легенче** (*pelvis renalis*), со форма на инка, се наоѓа во централниот дел на бубрегот. Легенчето продолжува во мочоводите, а од нив, урината се пренесува во мочниот меур и се отстранува преку мочниот канал.



Слика 5.3 →
Градба на бубрег (надолжен пресек).

Формирањето на урината, како една од функциите на бубрегот, се остварува преку нивната основна, структурна и функционална единица – **нефронот** [слика 5.4]. Бубрегот содржи околу 1 200 000 нефрони. Бубрезите дневно филтрираат околу 180 L течност и формираат околу 1.5 L урина. Секој нефрон е изграден од **бубрежно** (Малпигиево) телце и **бубрежно каналче.**

❶ Бубрежното (Малпигиево) телце се состои од почетен проширен дел во форма на чашка - Бовманова капсула и клопче од артериски капилари сместено во Бовмановата капсула - гломерул.



❷ Бубрежното каналче е диференцирано во три дела:

- **Проксимален**, почетен дел од извиеното каналче кое на крајот се стеснува и преминува во
- **Хенлеово стеснување** (со слегувачки и качувачки дел) и
- **Дистален** дел со кој завршува нефронот.

Сите дистални каналчиња од нефроните се влеваат во собирни каналчиња. Потоа следат меѓусебно поврзани системи од собирни цевчиња и чашки на следниот начин:

Собирни каналчиња → собирни цевчиња → бубрежни пирамиди → мали бубрежни чашки → големи бубрежни чашки → бубрежно легенче (*pelvis*).

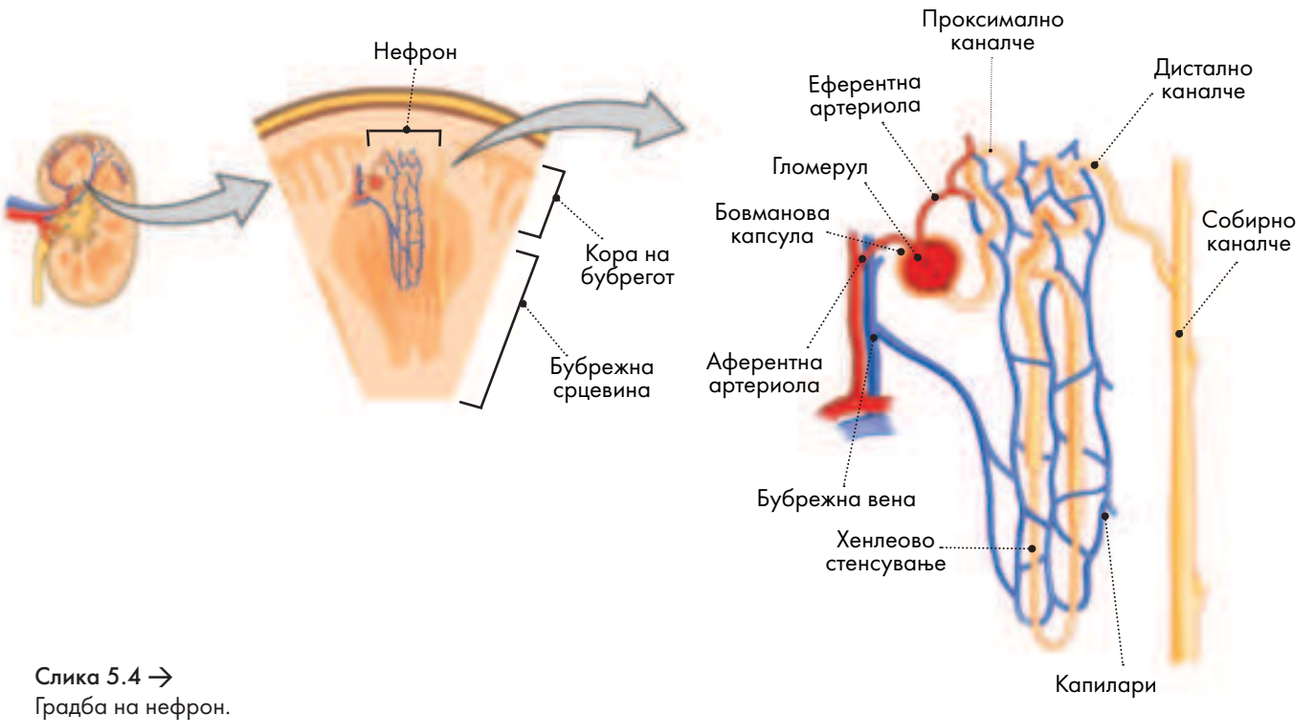
Од бубрежното легенче на секој бубрег започнува мочоводот.

Бубрежно телце	=	Бовманова капсула	+	Гломерул

Бубрежно извиено каналче	=	Проксимален дел	+	Хенлеово стеснување	+	Дистален дел

Нефрон е основна функционална единица на бубрегот.

Секој нефрон е изграден од:
- **бубрежно телце**
  - Бовманова капсула
  - гломерул
- **бубрежно каналче**
  - почетно извиено каналче
- **Хенлеово стеснување**
  - дистално извиено каналче



Слика 5.4 →
Градба на нефрон.

Процесот на **формирање на урината** се одвива во бубрежните телца и по должината на извиените бубрежни каналчиња преку филтрација, реапсорпција и секреција.

МЕХАНИЗАМ НА СОЗДАВАЊЕ УРИНА

Крвта навлегува во бубрезите преку бубрежната (реналната) артерија, а од нив излегува преку бубрежната (реналната) вена.

Бубрежната артерија ги носи хранливите материи и крајните метаболички продукти до бубрезите. Со движење на течноста низ нефронот, хранливите материи кои влегле во Бовмановата капсула се реапсорбираат во крвоносниот сиситем. Исто така, дел од хранливите материи се искористуваат од бубрежните клетки (за исхрана на бубрежното ткиво). Филтрираната (прочистена) крв се изнесува од бубрезите преку **бубрежната вена** која се влева во долна шуплива вена слика 5.3 и слика 5.4.

Непотребните материи и водата се филтрираат низ гломерулот и учествуваат во формирање на урината. Процесот на создавање на урината е физиолошки процес кој се одвива во следните фази: **филтрација, реапсорпција, секреција**. и завршува со **екскреција** на создадената урина [слика 5.5]

Филтрацијата настанува под дејство на релативно високиот крвен притисок во гломерулот и при тоа се создава примарна урина.

Филтрација

Филтрацијата е процес во кој материите од крвта преку гломерулот се филтрираат и се собираат во Бовмановата капсула. Во нефронот обично остануваат непотребните продукти и мала количина на вода, и со тоа се формира урината која се исфрла преку бубрезите. Процесот на филтрација настанува како резултат на релативно високиот крвен притисок во гломерулот. При тоа, водата, уреата, глукозата, витамините и солите се пренесуваат преку тенките капиларни ѕидови во Бовмановата капсула. Околу 1/5 од крвта се филтрира во Бовмановата капсула. Овој филтрат од крвта е познат како *примарна урина* и нејзиниот волумен е околу 180 L во тек на 24 часа. Останатиот дел останува во капиларите заедно со протеините и големите крвни елементи кои не можат да ги поминат капиларните ѕидови. Крвта заедно со материите кои не се филтрирале се враќаат назад во капиларната мрежа.

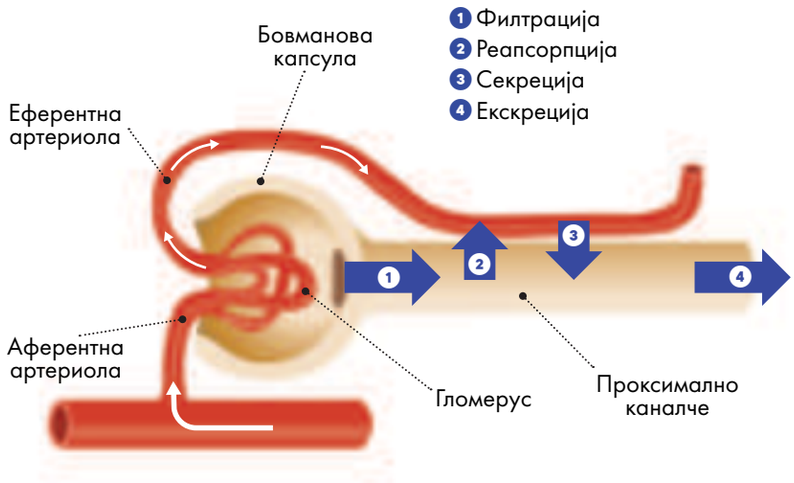
Примарната урина, преку Бовмановата капсула преминува во извиеното бубрежно (ренално) каналче. Тука настануваат следниве два процеса – *реапсорпција и секреција*.

Реапсорпцијата се одвива во бубрежното каналче, кога од филтратот во крвта се враќаат водата, одделни јони и хранливи материи потребни за организмот.



Реапсорпција

Најголем дел од материите (вода, јони, хранливи материи) кои се отсранети со процесот на филтрација, организмот сепак има потреба да ги задржи. Поради тоа, со преминување на филтратот во бубрежното каналче, овие материи се враќаат во крвта така што преку ѕидот на бубрежното каналче навлегуваат во околните капилари, при што се врши и селекција [слика 5.5]. Овој процес се нарекува **реапсорпција**. Најголем дел од реапсорпцијата се одвива во почетното (проксималното) извиено каналче. Ококу 75 % од *водата* во филтратот повторно преку *осмоза* се враќа во капиларите, додека *глукозата и минералите, како натриум, калиум и калциум* се враќаат во крвта по пат на *активен транспорт*. Дополнителна реапсорпција се врши и преку дисталното каналче.



Слика 5.5 →
Механизам на создавање на урина.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Водата излегува (се изнесува) од собирното каналче бидејќи концентрацијата на натриум хлорид е поголема во течноста која е околку собирното каналче отколку во течноста која е во внатрешноста на собирното каналче. Високата концентрација на натриум хлорид се создава и се одржува во Хенлеовото стеснување. Клетките кои се наоѓаат на ѕидот на Хенлеовото стеснување вршат транспорт на хлоридни јони од филтратот во течноста (која се наоѓа помеѓу Хенлеовото стеснувањето и собирното каналче). Позитивните натриумови јони ги следат хлоридните јони во флуидот. Како резултат на овој процес се овозможува одѕивање на висока концентрација на натриум хлорид во течноста која се наоѓа помеѓу Хенлеовото стеснување и собирното каналче, што доведува до реапсорпција на вода од собирното каналче.

Секреција

Кога филтратот ќе пристигне во дисталното извиено каналче, некои материи (отпадни материи-уреа, амонијак, креатинин, калиумови и водородни јони како и токсини) преминуваат од крвта во филтратот , односно во бубрежното каналче. Овој процес е означен како тубуларна **секреција**. pH-вредноста на крвта се регулира преку водородните јони кои се секретираат од крвта во филтратот. Течноста и непотребните материи кои остануваат во дисталното извиено каналче ја образуваат *секундарната (конечна) урина.*

Секрецијата се одвива по должината на бубрежните каналчиња, при која отпадните материи и токсините поминуваат од околното бубрежно ткиво во филтратот, образувајќи ја конечната урина.

Урината од неколку бубрежни каналчиња се излева во **собирно каналче**. При тоа водата се отстарнува од собирното каналче



Шема 5.1 →
Патот кој го минува конечната урина низ екскреторниот систем. По создавањето на конечната урина, до нејзиното исфрлање од организмот, се движи низ: собирно каналче, мала бубрежна чашка, голема бубрежна чашка, бубрежно легенче, мочоводи, мочен меур и мочен канал.

преку неговит ѕид по пат на осмоза и на тој начин урината станува поконцентрирана. Ваквиот начин му овозможува на организмот да ја задржи водата.

Хенлеовото стеснување е стеснување на бубрежните каналчиња кое ги раздвојува проксималниот и дисталниот дел од бубежното каналче. Хенлеовото стеснување има слична улога како и собирното каналче. За него е најважно тоа што овозможува одржување на висока концентрација на натрим хлорид, како резултат на што се врши реапсорпција на вода во собирното каналче.

Елиминација на урината

Урината од собирните каналчиња продолжува во бубрежните пирамиди, потоа во бубрежното легенче, а од него во тесен канал, наречен мочовод. Од секој бубрег излегува по еден мочовод и тие (како парни органи) продолжуваат во мочниот меур. Мочниот меур претставува мускулест орган во форма на торбичка и служи за складирање на урината. Со мускулните контракции на мочниот меур се овозможува исфрлање на урината преку мочниот канал во надворешната средина [шема 5.1].

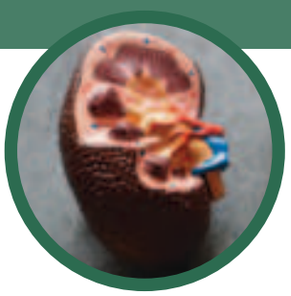
Состав на урина

Непотребните материи (токсини, уреа, вода и минерални соли) се отстрануваат од крвта преку бубрезите во вид на течност со килибарна боја, која се нарекува **урина**.

Урината е бистра течност со светло жолта боја која потекнува од присуството на жолчни бои. Кај здрав човек урината има кисела pH (5-7), а тоа е резултат на присуството на кисели фосфати.

Во табела 5.1. е даден составот на крвната плазма и урината (примарна и секундарна). Конечната урина содржи 95 % вода, а останатите 5 % припаѓаат на суви материи, од кои околу 3 % се органски молекули, а 2 % минерални соли. Споредбената анализа на крвната плазма и урината покажува дека нивниот состав е сличен, а главна разлика е во тоа што физиолошки здравата урина не содржи протеини и глукоза, а содржи поголема концентрација на некои состојки како што се уреа, мочна киселина, јони и слично.

Значајна компоненти во состав на урината се **уреата и мочната киселина.**



Уреата е непотребен продукт од метаболизмот на азот кај цицачите, кој се создава во црниот дроб. Непотребните азотни материи првично се носат до црниот дроб, во форма на **амонијак**, токсично хемиско соединение на азот, кој настанува од метабаолизмот на амино киселините. Амонијакот е многу токсично соединение кое ако остане подолго време предизвикува оштетување на клетките. Во црниот дроб се отстранува амонијакот од крвта, претворајќи го во помалку штетна супстанца-уреа која преку крвотокот се носи до бубрезите од каде што се отстранува.

Мочната киселина е краен метаболички продукт на метаболизмот на нуклеинските киселини. Мочната киселина не е растворлива во вода, но сепак, потребна е мала количина на вода за да истата се отстрани од организмот.

Табела 5.1. Процентуална застапеност на некои состојки во крвната плазма и уринатa.

Состојки	Крвна плазма (%)	Примарна урина (%)	Конечна урина (%)
Вода	98-99	98-99	95
Протеини	9,9	/	/
Глукоза	0,1	0,1	/
Уреа	0,02	0,02	2,0
Мочна киселина	0,002	0,002	0,05
Na	0,32	0,32	0,035
K	0,02	0,02	0,15
NH_4	0,001	0,001	0,04
Ca	0,00	0,008	0,0015
Mg	0,0025	0,0025	0,006
Cl	0,37	0,37	0,6
PO_4	0,009	0,009	0,27
SO_4	0,003	0,003	0,18

Уреата е краен метаболички продукт кој настанува од амонијакот. Амонијакот е токсично соединение кое се создава од азотот продуциран во метаболизмот на амино киселините.

Мочната киселина е краен метаболички продукт на метаболизмот на нуклеинските киселини.

Водната рамнотежа се регулира со учество на центарот за жед сместен во хипоталамусот и антидиуретичниот хормон кој се лачи од неврохипофизата.

Регулација на бубрежната работа

Врз сето погоре изнесено, констатиравме дека бубрезите имаат примарна функција во регулација на водената и минералната хомеостаза во организмот. Воспоставување на оваа хомеостаза е под директна контрола на хипоталамусот и хипофизата, на принцип на повратна врска.

Регулација на водната хомеостаза

Промените во количината на вода во организмот се детектираат преку т.н. осморецептори кои се наоѓаат во ѕидовите на големите крвни садови, како и во јадрата на хипоталамусот. На пример, при намалување на количината на вода во организмот, овие рецептори испраќаат информации до хипоталамусот и хипофизата за ослободување на антидиуретичен хормон (ADH). Овој хормон, понатаму предизвикува реапсорпција на вода во дисталните бубрежни каналчиња и организмот ќе секретира помала количина и поконцентрирана урина. Истовремено, се дразни и центарот за жед во хипоталамусот, а како резултат на тоа, внесуваме поголема количина на вода. При воспоставување на водена хомеостаза, прекинува секрецијата на ADH [слика 5.6].



Слика 5.6 →
Механизми на регулација на водната хомеостаза.



Регулација на јонската хомеостаза

Телесните течности содржат голем број јони (електролити) кои имаат различна улога во организмот. Од особено значење се јоните на натриум, калиум, калциум, хлоридите, бикарбонатите, фосфатите и др. Натриумот, како доминантен (главен) катјон во екстрацелуларната течност е одговорен за јонската хомеостаза помеѓу клетките и нивната околина (екстрацелуларната средина).

Регулацијата на секрецијата на натриум се постигнува преку секреција на алдостеронот, минералокортикоиден хормон кој се излачува од кората на надбубрежната жлезда. Намалувањето на концентрацијата на натриум во крвта (пример, при потење или повраќање) е детектирана од осморецепторите во крвните садови и хипофизата. Хипоталамусот, преку хипофизата, стимулира лачење на алдостерон, кој ја поттикнува дополнителната реапсорпција на натриум на ниво на дисталните бубрежни каналчиња [слика 5.7].

Промената на концентрацијата на натриумовите јони ја регистрираат **осморецепторите**. Нивната концентрација се нормализира кога преку врската хипоталамус - хипофиза се стимулира лачењето на алдостеронот, кој пак поттикнува дополнителна реапсорпција на натриумови јони во дисталните бубрежни каналчиња.



Слика 5.7 →
Осморегулација.

Процесот на **исфрлање на урината** е регулиран од автономниот нервен систем и од кората на големиот мозок.

Регулација на излачување урина

Процесот на исфрлање на урината е регулиран од автономниот нервен систем. Неговиот симпатички дел доведува до перисталтични движење на мочоводите, со што остварува транспорт на урината во мочниот меур и негово полнење. При силни емотивни состојби (радост, страв и сл.), парасимпатикусот го стимулира олабавувањето на сфинктерот со што доаѓа до несвесно празнење на мочниот меур.

Уринирањето (мокрењето) кај децата до двегодишна возраст е несвесна реакција. Потоа станува свесен процес кој е регулиран од *кората на големиот мозок*. Имено, кога во мочниот меур ќе се акумулираат окоу 250-300 ml урина, доаѓа до стимулација на механорецепторите кои се наоѓаат во неговиот мускулен ѕид. Со тоа се поттикнуваат спонтани контракции на мазните мускули кои се шират кон сфинктерот на мочниот меур (*m. sfincter vesicae*), како резултат на што сфинктерот се опушта и доаѓа до празнење на мочниот меур.

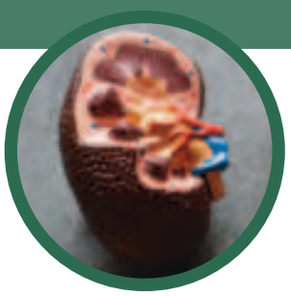
АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Стимули за жед

Најзначаен стимул за жед е зголемувањето на осмоларноста на крвната плазма. Ова зголемување доведува до дехидратација на клетките од центрите за жед, со што се стимулира чувството за жед. Овој стимул помага да се разреди екстраклеточната течност.

Доколку дојде до намалување на волуменот на крвната плазма и артериски притисок, ќе дојде до стимулација на центарот за жед, независно од стимулот со зголемената осмоларност на плазмата. На пример, при крварење, кога се намалува волуменот на крвта, доаѓа до стимулирање на центарот за жед, иако осмоларноста на плазмата е непроменета.

Сувоста на устата и на хранопроводот, може да предизвика чувство на жед. Во тој случај, речиси веднаш по пиењето вода, иако водата се уште не се ресорбирала во дигестивниот систем (не влијаела врз осмоларноста на крвната плазма) чувството за жед се намалува. Но, намалувањето на чувството за жед на овој начин е краткотрајно. Желбата за пиење вода целосно ќе биде задоволена само кога волуменот на крвта и осмоларноста на плазмата ќе се нормализираат.



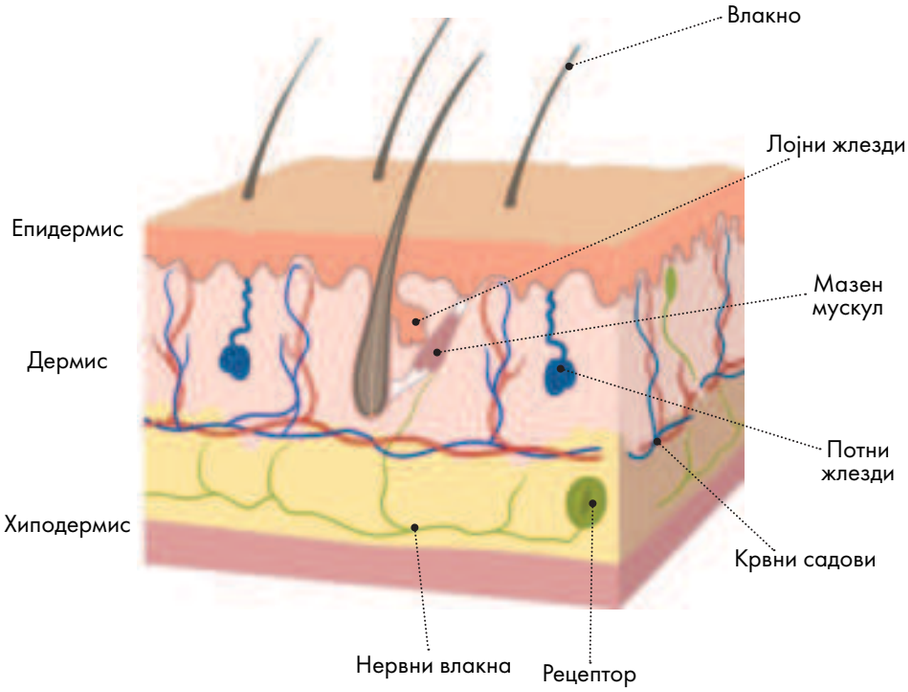
КОЖЕН СИСТЕМ

Во процесот на отстранувањето на непотребните материи од организмот, покрај бубрезите, учествува и кожата чија улога е екскреција на дел од водата и мала количина на уреа и соли.

Кожниот систем се состои од: кожа и придружни органи на кожата.

Градба на кожниот систем

- Кожниот систем се состои од кожа и придружни органи на кожата (жлезди и рожести творби).



Слика 5.8 →
Градба на кожата.

Кожата (*cutis*) е обвивка на телото која го воспоставува првиот контакт на организмот со надворешната средина, а воедно е и најстарото сетило. Нејзината површина е околу 1,5-2 m^2. Дебелината на кожниот слој варира во разни делови од телото од 1 до 4 mm. Кожата е составена од два комплетно различни слоја: **покожица** и **крзно** [слика 5.8].

Кожата е обвивка на телото која го воспоставува првиот контакт на организмот со надворешната средина, составена од два слоја: покожица (epidermis) и крзно (dermis).

Покожицата (*epidermis*) или надворешната обвивка е претставена од многуслоен епител, чија дебелина е околу 0,7 mm. Епидермалните клетки кон површината изумираат (отфрлајќи се како првут) и постојано се заменуваат со нови, додека за клетките од подлабокиот слој на епидермисот е карактеристично што содржат пигмент меланин, од кој зависи бојата на кожата.

Меланинот се создава во гранули сместени во меланоцитите од епидермалниот слој.Површината на епидермисот се карактеризира со специфични бразди и испакнатини (дерматоглифи) на прстите, кои се различни кај секој човек и се користат како потврда за лична идентификација. Епидермисот има заштитна улога на телото од физички и хемиски влијанија, како и од микробни инфекции (доколку е неоштетен).

Покожицата се состои од повеќеслоен епител, чии клетки на површината постојано се заменуваат со нови, додека клетките од подлабоките слоеви содржат пигмент меланин.

Крзното (*dermis*) е тенка сврзна обвивка која се наоѓа под епидермисот. Содржи колаген и еластични сврзни влакна и има дебелина од околу 4 mm. Дермисот е богат со *крвни и лимфни садови*, а исто така содржи и завршетоци на нервните влакна. Крвните садови имаат улога да ги снабдуваат клетките со хранливи материи, но исто така учествуваат и во терморегулацијата. Во дермисот се наоѓаат и *мазни мускули, потни и лојни жлезди, влакна и рецептори*. Мазните мускули бидејќи се во контакт со коренот на влакната овозможуваат нивно движење. Рецепторите за допир се сместени помеѓу епидермалниот и кожниот слој, а дел од нив се одговорни за чувствување на температурни промени и притисок со различен интензитет.

Неоштетената покожица го штити телото од физички и хемиски влијанија, но и од микробни инфекции.

Под дермисот се наоѓа потенок слој на поткожно сврзно ткиво, наречен *subcutis* или *hypodermis*, кој е во контакт со внатрешните органи. Хиподермисот, како и дермисот е добро снабден со лимфни и крвни садови, нервни завршетоци, а исто така во него се сместени и каналчињата од потните жлезди и коренот на влакната. Во овој дел од кожата се складираат резервни масти кои учествуваат во процесот на терморегулација.

Крзното се наоѓа под епидермисот. Содржи колаген и еластични сврзни влакна, меѓу кои поминуваат нервни влакна, крвни садови, влакна, потни и лојни жлезди, рецептори и мазни мускули.

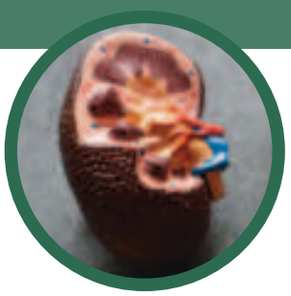
Кај човекот, рожестите творби (влакна и нокти) и кожните жлезди се придружни органи на кожата.

Хиподермисот е тенок слој од поткожно сврзно ткиво кој е во контакт со внатрешните органи. Снабден е со лимфни и крвни садови, нервни завршетоци, а тука се наоѓаат и каналчињата од потните жлезди и коренот на влакната.

Жлезди на кожата

Кожните жлезди се сместени во дермисот. Тие излачуваат секрети, преку изводните каналчиња на површината на телото, поради што претставуваат егзокрини жлезди. Според функцијата, жлездите се поделени на: *потни, лојни, млечни и мирисни.*

Потните жлезди се присутни во сите региони на кожата. Тие се изградени од каналче кое во основата е извиткано во вид на клопче, а на површината на епидермисот се отвора во пора. Потните жлезди, како што кажува нивното име, учествуваат во отстранувањето на потта која се состои од вода, минерали, уреа и други материи. Составот на потта е многу сличен со тој на урината, но за разлика од урината, потта е значително пораз-



редена. Затоа според некои автори кожата се означува како трет бубрег. Во текот на 24 часа преку потта се исфрла приближно 500-600 ml течност. На тој начин потните жлезди учествуваат во регулација на телесната температура.

Лојните жлезди се распоредени покрај влакното, низ целата површина на кожата, освен на дланките и табаните. Тие излачуваат секрет од масни материи кој ги подмачкува влакната, а истовремено ѝ дава еластичност на кожата, штитејќи ја од сушење и пукање. Масниот секрет претставува и бариера против габични и бактериски инфекции. На еден квадратен сантиметар има околу 100 лојни жлезди, а нивниот број во пределот на лицето и на главата може да се зголеми од 400 до 900 жлезди/cm^2. Активноста на лојните жлезди се намалува со стареењето, со што кожата станува сува и нееластична.

Млечните жлезди се парни жлезди сместени во градниот дел. Кај жените тие се развиваат во текот на половото созревање (пубертет). Овие жлезди се изградени од голем број канали сместени во растресито сврзно и масно ткиво. Во периодот на доењето (лактација), млечните жлезди се активираат, т.е. лачат млеко.

Во групата на кожни жлезди припаѓаат и *мирисните жлезди*. Тие се распоредени во различни делови и тоа: под пазувите, во слушниот канал, околу половите органи и аналниот отвор и други места. Нивниот секрет има специфичен мирис.

Рожни творби на кожата

Во рожни творби на кожата спаѓаат **ноктите** и **влакната**.

Ноктите се задебелени рожести напластувања на покожицата кои се карактеризираат со постојан раст. Тие се всадени на горната страна на врвот од секој прст. При повреда, ноктите можат да се заменат со нови.

Влакната се распоредени речиси по целата површина на телото со исклучок на дланките, табаните, усните и очните капаци. Секое влакно е составено од *корен* (сместен во дермисот) и *слободен крај* (кој излегува на површината). Клетките кои учествуваат во изградбата на влакното содржат пигменти од кои зависи бојата на влакното (а со тоа и на косата). При навлегување на воздух на местото на изгубениот пигмент, влакното добива бела боја. На секои 2-4 години, влакната се заменуваат со нови.

Придружни органи на кожата се: рожестите творби (влакна и нокти) и кожните жлезди. Кожните жлезди се сместени во дермисот и според функцијата се поделени на: *потни, лојни, млечни и мирисни.*

Потните жлезди ги има насекаде во кожата и учествуваат во отстранувањето на потта.

Лојните жлезди лачат секрет од масни материи кои и даваат еластичност на кожата, со што ја заштитуваат од сушење и пукање.

Млечните жлезди кај жените се развиваат во текот на пубертетот, а се активираат при доењето.

Мирисните жлезди се распоредени во различни делови на телото и лачат секрети со спечифицен мирис.

Рожести творби на кожата се ноктите и влакната.

Ноктите се задебелени рожести напластувања на покожицата.

Функција на кожата

Кожата има повеќе функции. Главните функции во кои е вклучена кожата се: заштитна, сетилна, и екскреторна, односно терморегулаторна функција. Покрај овие функции, кожата учествува во одржувањето на влажноста на површината на телото, во синтеза на витамин D, лачењето на масти преку лојните жлезди, како и апсорпцијата на некои лекови.

Влакната се наоѓаат речиси по целото тело, освен на дланките, табаните, усните и очните капаци.

Функции на кожата се:
- заштита;
- екскреција;
- одржување влажност на површината на телото;
- апсорпција на некои лекови;
- синтеза на витамин D;
- регулација на телесната температура.

Заштитна улога на кожата

Кожата го штити остатокот од телото од основните елементи на надворешните фактори, како што се ветер, вода и УВ сончева светлина. Дејствува како заштитна бариера против губење вода, како резултат на присуството на слоеви на кератин и гликолипиди. Исто така, кожата е првата линија на одбрана од контакт со микроорганизми или штетни хемикалии. Потта од потните жлезди на кожата спречува прекумерна колонизација на микроорганизмите на површината на кожата.

Сетилна функција

Кожата делува како сетилен орган бидејќи епидермисот, дермисот и хиподермисот содржат специјализирани сензорни нервни структури (рецептори) кои реагираат на механички притисок (допир), температура и болка. Овие рецептори се пред се концентрирани на врвовите на прстите. Од нив, најзначајни се особено Мајснеровите честички (корпускули) кои реагираат на лесен допир и Пачиниевите телца кои реагираат на вибрации. Покрај овие специјализирани рецептори, на кожата постојат и сензорни нерви (на ниво на секој фоликул на косата), рецептори за болка и температура (расфрлани низ кожата) и моторни нерви кои ги инервираат влакната на кожата. Оваа богата инервација ни помага да ја почувствуваме нашата околина и да реагираме соодветно.

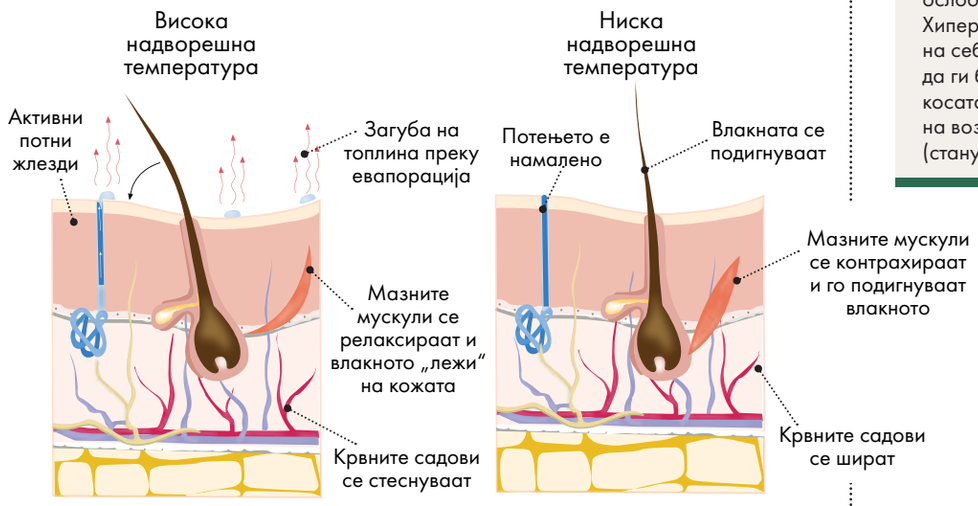
Со излачување на пот преку порите на потните жлезди, која испарува од површината на телото, кожата ја остварува **терморегулаторната улога**.

Терморегулација

Терморегулаторната улога на кожата се остварува преку потењето. Имено, преку порите од потните жлезди се излачува пот која испарува од површината на телото, а со тоа се овозможува намалување на температурата на организмот. При висока надворешна температура, проследена со ниска влажност на воздухот, доаѓа до интензивирање на потењето, а со тоа се оддава и топлина од телото што овозможува ладење на организмот. Доколку пак влажноста на воздухот е висока, потта се задржува на површината на телото со што се оневозможува ладење на организмот.



Регулацијата на телесната температура преку кожата се остварува и со механизмот на вазомоторика (ширење и стеснување на крвните садови. При повисока температура (на пр. во топли денови) доаѓа до ширење на капиларите на кожата (вазодилатација), со што се зголемува оддавањето топлина од телото и се губи топлина, додека на ладно, капиларите се стеснуваат (вазоконстрикција), а со тоа се намалува губењето на топлина на организмот. Улогата на кожата во терморегулацијата преку промената на функцијата на потните жлезди, крвните садови и влакната е прикажано на слика 5.9.



Слика 5.9→
Улога на кожата во терморегулацијата.

Синтеза на витамин D

Витаминот D се создава природно во кожата кога телото е изложено на директна сончева светлина, односно во присуство на УВ зрачење. Во кожата, од молекулата на холестерол како прекурсор, постојано се создава неактивна форма на витаминот D или про-витамин D. Понатаму под дејство на УВ зраците од сонцето, про-витаминот D се претвора во холекалциферол - витамин D3 кој сеуште е биолошки неактивен. Оваа форма на витамин D се метаболизира во црниот дроб и бубрезите и во зависност од потребите на организмот се претвора во активна форма на витамин D3.

Витаминот D учествува во одржување на хомеостазата на калциумот и затоа е неопходен во одржувањето на здрави коски и заби. Покрај тоа, витаминот D дава поддршка за одржување на здрава состојба на имуниот систем, мозокот, нервниот систем и учествува во регулацијата на нивото на инсулин, а со тоа и на дијабетот.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Акни

Акните се нарушувања на кожата кои обично се јавуваат на делови од кожата кои се богати со лојни жлезди (лице и грб). Најчесто се појавуваат на почетокот на пубертетот поради настанатите хормонални промени, но може да продолжат и во зрелоста. Хормоните, како што се андрогените, го стимулираат ослободувањето на себум. Хиперпродукција и акумулација на себум заедно со кератин може да ги блокира фоликулите на косата. Кога себумот е изложен на воздух оксидира и потемнува (станува црн).

Витаминот D се создава во епидермисот на човечката кожа, во услови на изложеност на УВ зрачење.

ВИДОВИ НА ЗАВИСНОСТ

Зависноста се дефинира како состојба при која личноста не може да функционира без земање на одредени супстанци или користење некои услуги. Во поглед на медицинското значење, состојбата на зависност претставува долготрајна (хронична) и повторувачка болест.

Зависноста претставува нарушена и силно изразена желба или потреба за земање на одредени супстанци, како дрога, алкохол, цигари, лекови или психоактивни супстанци. Во поново време, тука може да се вбројат и некои препарати како енергетски пијалаци, таблети за слабеење, кои исто така може да создадат чувство на зависност. Состојбата на зависност се одликува со повторно и опсесивно барање и користење на наведените супстанци, како и неможност за контрола на внесување супстанци кои може да предизвикаат зависност. Кога личноста ќе ја загуби способноста да направи избор (разумен) со цел да користи дрога или алкохол, тогаш станува зависник. При тоа доаѓа до засилување или намалување на одредени активности на централниот нервен систем или настанува негативна емоционална состојба.

Злоупотребата со повеќекратно внесување на некои супстанци (лекови или психоактивни супстанци), исто така може да доведе до **создавање на зависност**.

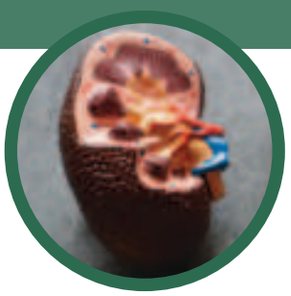
Причината за повторното земање не е само за повторно да го доживее нивното фармаколошко дејство, туку за да ја избегне нелагодбата поради неземање (апстиненција). За жал, станува збор за болест и поединецот скоро и да неможе самостојно да се спротивстави на потребата за повторна консумација.

Зависноста е долготрајна и повторувачка болест при која личноста не може да функционира без да земе одредена супстанца.

Зависноста од некоја супстанца може да биде психичка, физичка или комбинирана (од психичка и физичка) зависност и состојба на толеранција. **Психичката зависност** се забележува во силната желба или во некој вид принуда да се повтори земањето на одредени супстанци кои создаваат зависност. Употребата на супстанците со цел да се ублажат симптомите на одвикнување, како и појавата на апстиненцијален синдром спаѓаат во физичка зависност. Состојбата на зависност вообичаено е придружена со психолошка и физичка зависност од супстанцата која се користи, како и со појава на симптоми на одвикнување кога количината на користена супстанцата е намалена или нејзиното користење е прекинато.

Зависноста од некои супстанци може да биде **психичка**, **физичка** и **комбинирана зависност** и состојба на толеранција.

Физичката зависност настанува кога, поради прилагодувањето на организмот на средства кои предизвикуваат зависност, се манифестираат физички пореметувања при престанок на земање на истите. За некои средства симптомите се специфични и симптомите исчезнуваат кога зависникот повторно ќе добие



„дрога“. Таква зависност предизвикува алкохолот, опијатите, барбитуратите и други седативи. Физичка зависност може да се развие и при долготрајно земање на одредени лекови. Сепак, за вистинска зависност се смета состојбата кога покрај физичката, истовремено се развива и **психичката зависност** (комбинирана зависност).

Постојат повеќе **теории за појава на зависности.** За сите дроги механизмот за појавување на зависност е различен. Се претпоставува дека средствата за зависност ја инхибираат **активноста на одредени ензими.** Кога ќе престане консумирањето на дроги, престанува и инхибицијата на овие ензими. Тогаш доаѓа до зголемување на концентрацијата на продуктите на ензимската активност (пр. невротрансмитери) па затоа настануваат несаканите ефекти (апстиненција). Според теоријата на **преосетливост** се претпоставува дека средствата за зависност делуваат на специфични рецептори. При долготрајно консумирање на дроги настануваат промени во осетливоста на рецепторите (зголемување на прагот на надразливост). Затоа, кога земањето на дроги нагло ќе престане, се пореметува активноста на нервниот систем. Оваа состојба се забележува и при земање на разни лекови. Имено, со тек на време се јавува потреба за зголемување на дозата на хемиската супстанца за да се постигне истиот ефект. Затоа после некое време, корисниците развиваат **толеранција**, односно потребно е користење на поголема доза за да се постигнат истите ефекти на наркотикот.

Корисникот на одредена дрога, после некое време развива **толеранција**, односно има потреба од користење на поголема доза за да го постигне посакуваниот ефект.

Зависноста може да настапи многу брзо или да се одвива постепено. По користење на некои дроги (хероин, кокаин, метамфетамини, оксикодон или екстази), само по неколкукратно (1-3) користење, се јавува силна желба за повторено земање на супстанцата. За разлика од нив, користењето на алкохолот и марихуаната може да доведе до развој на постепена зависност.

Лековите не предизвикуваат зависност доколку нивното користење не е долготрајно.

Консумирање на некои супстанци (најчесто лекови) не предизвикуваат зависност. Но, нивното повеќекратно внесување и користење (злоупотреба) може да доведено до брз развој на зависност.

Алкохолизам

Зависноста од алкохол претставува несоодветна употреба на алкохолот, која доведува до состојба во која личноста не може да прекине со негова консумација и употреба. Во алкохолните пијалаци (добиени со ферментација или дестилација), етанолот е застапен со различен процент.

Несоодветната употреба на алкохолот, кога личноста не може да прекине со негова консумација и употреба претставува **зависност од алкохол**.

Кога алкохолот ќе се внесе во организмот, тој брзо се ресорбира и транспортира низ целото тело.

Големи количини на алкохол предизвикуваат труење, односно интоксикација на организмот и низа нарушувања (болести) во организмот.

Кога алкохолот ќе се внесе во организмот, тој брзо се ресорбира во системот за дигестија, а потоа преку крвта се транспортира низ целото тело. Внесениот алкохол во организмот, се метаболизира главно во црниот дроб со оксидација на етанолот до ацеталдехид и на крај се добива јаглерод диоксид и вода. Кога количеството на акумулираниот алкохол во организмот е поголемо во однос на количеството кое се елиминира од организмот, доаѓа до зголемување на концентрацијата на алкохол во крвта.

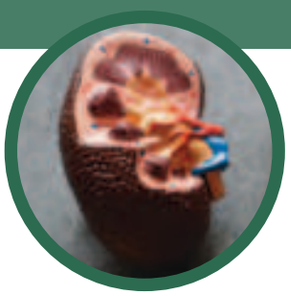
Внесување на големи количини на алкохол предизвикуваат труење (интоксикација) на организмот и тоа за многу кратко време по неговото внесување. Зависноста, односно патолошката поврзаност со алкохолот кај овие лица доведува до значајни клинички нарушувања.

Алкохолизмот денес е широко распространет во сите слоеви на општественото живеење. Луѓето кои се зависници од алкохол тешко или воопшто кај себе не ги распознаваат присутните симптоми на зависност.

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Манифестации и нарушувања како последица на континуирано консумирање на алкохол во подолг временски период се:

- воспалување и цироза на црн дроб, нарушената функција на хепатоцитите;
- појава на карциноми (на усна празнина, голтник, грклан, хранопровод, црн дроб), појава на карцином на дојка кај жените;
- невропсихијатриски заболувања како резултат на штетното влијание на алкохолот врз ЦНС (нарушени перцепции, емоции, движење и сетила);
- насилство, криминал, самоубиства, несреќи во сообраќајот и слично;
- влошување на материјалната состојба и меѓучовечките односи, намалена работна способност и други несакани ефекти за личноста – алкохоличар, како и за неговата околина.
- кај жени кои во текот на бременоста користат големи количини на алкохол постои ризик да родат дете со фетален алкохолен синдром (појава на низа нарушувања при раѓањето, појава на низа физички и психички дефекти кај новороденчето - мала глава, слаба мускулатура, ментална ретардација и сл.);
- кај бебињата кои во феталниот развој биле изложени на алкохол се развива фетален алкохолен ефект (проблеми со однесувањето, концентрацијата и фокусирањето или неможност за апстрактно мислење)



Зависност од тутун

Најмасовната и најстарата зависност во светот е зависноста од никотинот. За корисниците на цигари од тутун, пушењето е ритуал и потреба, бидејќи никотинот како главна состојка на тутунот, создава физичка и психичка зависност.

Никотинот како природен алкалоид присутен во растението тутун, претставува психоактивна состојка која создава силна зависност од цигари. Брзо се апсорбира и се дистрибуира до мозокот по само неколку секунди. При горењето на тутунот се создава чад составен од токсични компоненти, кои активните пушачи ги внесуваат директно од крајот на цигарата. Пасивните пушачи, пак, вдишуваат чад кој потекнува од запалената цигара. Последиците за здравјето од пасивното пушење се исто така сериозни и може да предизвикаат заболувања кај децата и возрасните иако не се активни корисници на цигари. Една од компонентите на токсичниот чад од тутунот е јаглеродниот моноксид кој се внесува преку дишните патишта, а потоа преку крвта се транспортира низ организмот, на што се изложени како активните, така и пасивните пушачи.

Тргнувајќи од фактот дека никотинот е силна психоактивна дрога, користењето на тутун преку пушење на цигари предизвикува оштетување на речиси сите органи во организмот.

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Дали знаеш што содржат цигарите?

Низа истражувања покажале дека производите од тутун и чадот од цигарите, освен никотин, содржат и околу 7 000 други штетни материи. Познато е дека најмалку 69 од овие хемиски материи се многу токсични и предизвикуваат канцерогени заболувања.

Наведуваме дел од хемиските материи присутни во димот од цигарите: јаглероден моноксид, олово, арсен, ацетон, кадмиум, амонијак, нафталин, катран, бензен, толуен, оцетна киселина, формалдехид.

- Никотинот е силна психоактивна дрога и пушење на цигари предизвикува оштетување речиси на сите органски системи:
- Чадот од цигарите е причина за појава на респираторни заболувања (хронична опструктивна белодробна болест).
- Низа метаболички промени на канцерогените компоненти на чадот се претвораат во нивни активни форми предизвикувајќи малигни заболувања (рак на усна празнина, ларингс, фарингс, хранопровод, белите дробови, рак на желудник, панкреас и други видови рак).
- Токсините од чадот се излачуваат и преку урината, со што и системот за екскреција е изложен на оштетување (можна е појава на рак на бубрегот и мочниот меур).

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Околу 5 % од консумираниот алкохол се излачува од телото преку потта, здивот, урината, изметот и плунката. Во зависност од користената метода, алкохолот може да се детектира по релативно кратко време па се до три месеци од внесувањето. Потенцијалниот опсег на време и извори од кои може да се детектира присуство на алкохол, користејќи различни методи на тестирање е следниов:

- алкохол во здивот (експирираниот воздух) може да се детектира до 24 часа по консумација;
- тестот за плунка може да биде позитивен на алкохол од 24 до 48 часа по консумација;
- во урина, алкохолот може да се детектира 10-12 часа, односно 3-5 дена (во зависност од користената метода);
- во крвта, алкохолот може да се детектира до 12 часа;
- како и многу други лекови, со примена на соодветна метода, алкохолот може да се детектира и во фоликули на коса по 90 дена од консумцијата на алкохолот.

Никотинот како психоактивна состојка на тутунот брзо се апсорбира и дистрибуира до мозокот.

Активните пушачи директно го вовлекуваат чадот од цигарите.

Пасивните пушачи го вдишуваат чадот кој доаѓа од запалената цигара, но и дел од издишаниот чад од активниот пушач.

- Низа кардиоваскуларни заболувања се последица од пушењето (срцеви, атеросклеротични заболувања на големи и мали артерии на долните екстремитети, цереброваскуларни заболувања како последица на кои се јавуваат мозочни удари и сл.).
- Доколку еден од партнерите е пушач, пушењето предизвикува намалена плодност и родност.
- Мајките кои пушат за време на бременоста го изложуваат фетусот на штетното влијание на никотинот и го доведуваат во опасност развојот и здравјето на новороденчето.

Главниот токсичен гас во чадот од цигарите е **јаглерод моноксид** кој се апсорбира преку дишните патишта. И активното и пасивното пушењето му нанесуваат штета на секој орган во телото.

Зависност од наркотици (наркоманија)

Секоја хемиска супстанца (од растително или синтетско потекло) која предизвикува зависност и доведува до промена на физиолошките и психичките (емоционални, интелектуални) функции се нарекува **дрога.** Дрогите главно предизвикуваат промени на ниво на вегетативниот нервен систем.

Дрога е секоја хемиска супстанца која влијае на ЦНС, предизвикува промена во однесувањето, а често и зависност.

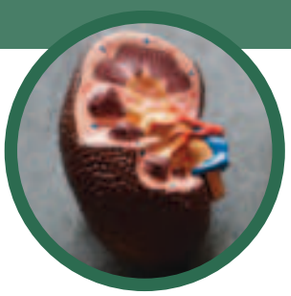
Користењето на дрога (периодично или хронично) создава психичка и физичка зависност, позната како **наркоманија**, а лицето зависно од дрога се нарекува **наркоман**. Наркоманијата не е само ментално-хигиенски проблем туку и општествен проблем.

Наркоманијата е синдром кој се состои од неколку манифестации и тоа: физичка зависност, по која следи психичката зависност, несовладливи желби да се продолжи со земање дрога и тенденција да се зголеми количеството на дрога (зголемена толеранција - потреба од зголемување количество на дрога).

Наркоманија е периодично или хронично труење на организмот со некоја дрога која спречува организмот нормално да функционира.

Користењето на дрога во најчесто започнува доброволно и зависи од специфичните фактори во средината во која се развива индивидуата. Со користење на дрога најчесто се започнува во периодот на крајот од детството и почетокот на адолесценцијата. Но, дали ќе дојде до експериментирање или користење на некој вид дрога зависи од низа биолошки, психолошки и социолошки фактори, а исто така, голема улога има и средината уште од пренаталниот период. За некои индивидуи, злоупотребата на дрога и нејзино незаконско користење започнуваат од адолесценцијата, продолжуваат во зрелото доба, па се до нивната доцна возраст. Луѓе од различни профили, со различен степен на образование и интелектуално ниво ја почувствувале суровата реалност на зависноста од дроги.

Последиците врз здравјето од употребата на дрога се многубројни, а дел од нив и трајни, како на пример: нарушување на менталното здравје, болести на респираторниот, кардиоваскуларниот и нервниот систем и други заболувања. Последиците се чувствуваат и во социоекономската сфера на живеење. Ко-



рисниците на наркотици најчесто имаат намалена работна способност и поради најчесто нарушените односи во семејството и влошената материјална состојба, лесно стануваат учесници во криминални активности.

Наркоман е лицето кое е зависно од дрога.

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Класификација на дроги:

- депресанти (барбитурати, хипнотици, седативи); може да предизвикаат релаксираност, апатија, летаргија, депресија, дремливост, сонливост, нејасен говор, зголемување на телесна тежина и др. Подолготрајната употреба може да доведе до зависност.
- канабиноиди или тетрахидроканабинол -THC (марихуана, хашиш, ганџа); се добиваат од лисјата, цветот и семето на растението коноп или канабис и дејствува на меморијата, расположението, перцепцијата, препознавањето, чувството за време, чувство на релаксација и благосостојба.
- халуциногени дроги може да бидат природни (мескалин, псилоцибин) или синтетски (LSD-диетиламид на лизергична киселина); предизвикуваат халуцинации, заблуди, илузии кај корисниците и водат до физичка зависност.
- опиоиди и деривати на морфиум. Постојат природни опијати, добиени од опиум (опиум, морфиум, кодеин) и полусинтетски и синтетски опијати (хероин, метадон и петантин). Опијатите се психофармаколошки средства кои се користат како лекови и како дрога. Тие имаат силно аналгетично и смирувачко, намалуваат болка, емоционална напнатост и страв. Користењето на опијатите многу брзо доведува до висока зависност. Хероинот може да се внесе во организмот со вшприцување, шмркање или вдишување. Брзо навлегува во мозокот предизвикувајќи забавување на активноста на ЦНС, така што лицето мисли и реагира бавно, намалувајќи ја способноста за донесување одлуки. Многу од опијатите се употребуваат и во медицината при третирањето на болка, но дозирањето е контролирано, за да се минимизираат несаканите ефекти.
- амфетаминski стимуланси (кокаин, амфетамин, метилфенидат, екстази и др.): при ниско дозирање предизвикуваат зголемена будност, еуфорија, манифестација на сила и моторни активности, потиснување на апетитот. При високи дози може да дојде и до параноја, психози, сомничавост.
- дисоцијативни анестетици (кетамин, декстрометорфан, фенциклидин – „ангелски прав"); делуваат седативно и анестетички и лицата корисници на овие дроги доживуваат чувство дека се „надвор од своето тело" или одделени од околината.
- Инхаланти – лесно испарливи средства и лекови богати со органски растворувачи (етер, ацетон, хлороформ, гасолин); при вдишување на нивните пареи предизвикуваат интоксикација. Брзо навлегуваат во организмот и преку циркулацијата се разнесуваат до сите органи, особено до мозокот и црниот дроб. Дејствуваат депресорно на ЦНС, а во помали дози постигнуваат ефекти слич-

Наркоманијата е синдром кој се состои од: изложеност и генетска подложност, физичка и психичка зависност и толеранција. Последиците по здравјето од употребата на дрога се многубројни, а дел и трајни.

ни на оние при консумирање алкохол (слаба координација, вртоглавица, забавени рефлекси, мускулна слабост). Поголемите дози предизвикуваат и посериозни оштетувања на респираторниот систем, кои може да завршат летално.

- други соединенија кои предизвикуваат зависност – спаѓаат некои лекови и анаболични стероиди кои се издаваат без лекарски рецепт.

Употребата на дрогата влијае и на социоекономскиот живот.

Апстиненцијална криза

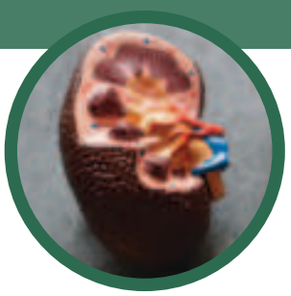
Апстиненцијална криза е синоним за одредени физички и психички реакции кои се јавуваат кај лицата кои престанале да користат алкохол или одредена дрога кон која претходно развиле зависност. Оваа состојба се манифестира со појава на симптоми на тресење, болки во дигестивниот систем, појава на страв, панични напади и акутна анксиозност, промена во расположението, делириум тременс („лудило на пијаница“ – ментални и физички нарушувања при прекин на користење алкохол кај хронични алкохоличари). Должината на траење и јачината на апстиненцијалната криза зависи од видот и количината на дрогата која се користела, како и од динамиката со која зависникот се одвикнува од истата.

Апстиненцијална криза се манифестира со низа симптоми, а се јавува кај лицата кои престанале да користат алкохол или одредена дрога на кои се зависни.

Зависноста претставува посебна ментална и телесна состојба на организмот како последица на дејство на супстанции кои предизвикуваат зависност. Се манифестира со силна желба за постојано земање на тие супстанции. Младите често посегнуваат по материи кои предизвикуваат зависност бидејќи се уште не се доволно зрели да ги решаваат секојдневните проблеми на начин кој е прифатлив за нив, особено во периодот на растење. Дрогата го „ослободува“ зависникот од таквиот дневен притисок и во остварување на нормалните секојдневни задачи. Откако организмот ќе се навикне на употреба на дрога, следуваат психичка и физичка зависност, како и состојба на толеранција, кои се манифестираат со потреба за користење на поголема доза на дрога.

Општествено неприфатените - илегалните дроги претставуваат бескрупулозен начин на богатење на поединци на штета на млади зависници и нивните семејства.

Зависниците претставуваат група на луѓе со зголемен ризик од бактериски и вирусни инфекции, особено хепатитис и СИДА, како и ненадејна смрт од предозирање. Освен што самите се во постојана опасност, зависниците ги загрозуваат и своите најблиски и постојано се во конфликт со законот. Лечењето на зависноста не ги дава очекуваните резултати.



Како и кај сите други болести, најефикасен начин за справување со зависностите е превенцијата, односно правилно воспитување на младите со цел да го одбегнат патот на дрогата, како и учење на методи за решавање на секојдневните (тековните) проблеми. Превенцијата од болести на зависност опфаќа група на законски, социолошко-воспитни и здравствени мерки кои се применуваат во општеството.

Допинг

Допинг претставува употреба или снабдување на телото со одредени хемиски супстации или користење на медицински интервенции (трансфузија на крв), со цел вештачки да се подобри функционирањето на организмот (поконкретно скелетната мускулатура).

Допингот е процес кој најчесто се користи (злоупотребува) од страна на спортистите во насока на подобрување на атлетските способности. Така, некои спортисти користат препарати познати како анаболици, стероиди или синтетски аналози на тестостеронот кои Светската здравствена организација (СЗО) ги вбројува во дроги. Анаболиците овозможуваат брзо и повеќекратно да се зголеми мускулната маса, мускулната сила и издржливоста, но предизвикува и агресивно однесување. Последици од ефектите на анаболиците се забрзани оксидативни процеси во клетката и брзо ослободување на големо количество енергија. Кај корисниците на анаболици може да се јават голем број несакани ефекти: потечено лице, стерилитет, покачен холестерол, ризик од срцев инфаркт, оштетување и појава на карцином на црниот дроб. Покрај овие ефекти, анаболичките стероиди доведуваат до сериозни ментални нарушувања и промена на однесувањето до екстремно насилство, како и појава на депресии и опсесии.

Кај многу спортисти се користи допингот во форма на трансфузија на крв. Како резултат на оваа форма на допинг се зголемува волуменот на крвта и бројот на црвените крвни клетки, со што се зголемува капацитетот за снабдување на мускулните клетки со кислород кој се користи за производството на енергија.

Кај спортистите, употребата на било која форма на допинг е забранета бидејќи со тоа се прекршува принципот на еднаквост во спортските натпреварувања.

Допинг претставува процес на употреба на хемиски супстации или медицински интервенции со цел вештачки да се подобри функционирањето на организмот.

Анаболиците овозможуваат брзо и повеќекратно зголемување на мускулната маса и сила, но може и да предизвикаат голем број на несакани ефекти и нарушувања во организмот.

Кратка содржина

- Исфрлањето на непотребните материи – екскрети (вода, јаглерод диоксид, уреа, амонијак) кои се продукт на активностите на метаболизмот се врши преку системот за екскреција и на тој начин се овозможува одржување константност во внатрешната средина. Екскрецијата се врши преку: бубрезите (на најголемиот дел од екскретите – во форма на урина), кожата (дел од екскретите), дигестивниот (непотребните/несварените состојки од храната) и респираторниот систем (јаглерод диоксид кој се ослободува при дишењето).
- Екскреторниот систем има повеќе функции:
  - филтрација и екскреција на токсични материи,
  - одржување на водената и осмотската хомеостаза, pH-вредноста и
  - регулација на содржината на метаболитите во крвта.
- Екскреторниот систем кај човекот е составен од: бубрези (формирање на урината), мочоводи (транспорт на урината), мочен меур (складирање на урината) и одводен мочен канал (исфрлање на урината).
- Бубрезите се изградени од: бубрежна кора, бубрежна срцевина и бубрежно легенче, а се обвиени со бубрежна капсула. Бубрежната кора е изградена од бубрежни (Малпигиеви) телца, срцевината од собирни каналчиња, групирани во бубрежни пирамиди, а бубрежното легенче продолжува во мочовод.
- Нефронот претставува структурна и функционална единица на бубрезите. Секој нефрон е изграден од бубрежно (Малпигиево) телце и бубрежно каналче.
- Бубрежното (Малпигиево) телце во почетниот дел се состои од проширен дел во форма на чашка - Бовманова капсула и клопче од артериски капилари сместено во Бовмановата капсула - гломерул.
- На бубрежното каналче се разликуваат три дела: 1. почетен дел од каналчето кое на крајот се стеснува и преминува во, 2. Хенлеово стеснување (со слегувачки и качувачки дел) и 3. Дистален дел со кој завршува нефронот.
- Неколку каналчиња се групирани и образуваат собирни каналчиња, а тие преминуваат во бубрежна чашка. Крајната урина, преку собирните чашки, се влева во бубрежното легенче, а оттаму преку мочоводите се пренесува до мочниот меур. Од мочниот меур, урината се исфрла преку мочен канал, а процесот на уринирање е регулиран од кората на големиот мозок и автономниот нервен систем.
- Создавањето на урина се одвива во неколку фази: филтрација (во гломерулот), при што се добива примарна урина; тубуларна реапсорпција (преку ѕидот на бубрежното каналче, во почетниот дел на извиеното каналче), при што се врши реапсорпција на најголем дел од водата, глукозата и минералите; тубуларна секреција (дисталното извиено каналче), при што се добива секундарна или конечна урина.
- Со цел одржување на константна внатрешна состојба, потребно е одржување на хомеостазата во организмот (водна, осмотска и јонската). Тој процес е регулиран преку повратна врска од страна на хипоталамусот и хипофизата.
- Според својот хемиски состав, урината во најголем дел содржи вода (95 %), урска киселина и креатинин (3 %) и минерални соли (2 %). Таа е бистра течност со светло жолта боја и кисела pH. Хемискиот состав на урината е показател од кој може да се утврди дали бубрезите функционираат правино. Појавата на протеини, крвни клетки и сл. укажуваат на нарушена функција на бубрезите.
- Кожата (cutis) е обвивка на телото која се состои од два слоја: покожица (епидермис) и крзно (дермис). Преку неа се исфрла дел од водата, но исто така и мала количина на уреа и соли. Таа содржи и придружни органи: рожестите творби (влакна и нокти) и кожните жлезди. Кожата содржи и рецептори.
- Кожните жлезди се сместени во дермисот и според функцијата можат да бидат: потни (преку нив се исфрлаат водата, минералите, уреата и др., а имаат улога и во регулацијата на телесната температура), лојни (лачат секрет со што ги подмачкуваат влакната,

даваат еластичност на кожата и ја заштитуваат), млечни (се активираат во периодот на лактацијата) и мирисни (кои лачат секрет со специфичен мирис).

- Функциите на кожата се: заштита, екскреција, одржување влажност на површината на телото, апсорпција на некои лекови, синтеза на витамин Д, регулација на телесната температура.
- Терморегулаторната улога на кожата се остварува преку потењето.
- Зависноста може да се дефинира како голема и силна желба или потреба да се продолжи со земање на одредена супстанца, како дрога, алкохол, цигари, лекови или психоактивни супстанци.
- Алкохолизмот, пушењето и наркоманијата се болести на зависност кои му штетат на секој дел од организмот на човекот.
- Последица од континуираното и долготрајно консумирање на алкохол се голем број клинички нарушувања (цироза на црн дроб, карциноми на органите од системот за дигестија, невропсихијатриски заболувања, низа пореметувања при раѓање на дете од мајка која пиела големи количини на алкохол во бременоста и др.)
- Никотинот како психоактивна состојка на тутунот му нанесува штета на речиси целиот организам (ги обложува горните и долни дишни патишта, предизвикува малигни заболувања, го оштетува системот за екскреција, кардиоваскуларниот систем, причина е за респираторни заболувања, штетно влијае на фетусот, но и предизвикува неплодност).
- Дрога е хемиска супстанца од растително или синтетско потекло која влијае на централниот нервен систем и предизвикува психичка и физичка зависност. Состојбата на периодична или хронична интоксикација предизвикана од повторно внесување на дрога се нарекува наркоманија.
- Постојат различни видови на дроги: депресанти, канабиноиди, халуциногени дроги, опиоиди и деривати на морфиумот, стимуланси, дисоцијативни анестетици, инхаланти и други соединенија (лекови) кои предизвикуваат зависност.
- Кај лицата кои престанале да земаат алкохол или некоја дрога од кои се зависни, се јавуваат низа физички и психички реакции: појава на страв, паника, анксиозност, промена на расположението, болки во органите од системот за дигестија, тресење и сл. Овие манифестации се нарекуваат апстиненцијална криза.
- Допинг претставува процес на употреба или снабдување на телото со одредени хемиски супстанци или со трансфузија на крв. Допингот се практикува со цел по вештачки пат да се подобри функционирањето на организмот. Истиот најчесто се злоупотребува од страна на спортистите.

ПРОВЕРЕТЕ ГО ВАШЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Што е екскреција?
2. Кои органски системи и органи учествуваат во процесот на екскреција?
3. Наведете ги деловите од екскреторниот систем кај човекот?
4. Кои се анатомските делови на бубрегот?
5. Од кои делови е составен нефронот?
6. Опишете ги процесите и деловите во кои се одвиваат следниве процеси: гломеруларна филтрација, тубуларна реапсорпција и секреција!
7. Кои материи се реапсорбираат низ должината на бубрежните каналчиња?
8. Која е разликата помеѓу примарната и секундарната урина?
9. При кои реакции се продуцираат уреата и урската киселина?
10. Набројте ги структурите низ кои поминува и се собира формираната урина
11. Кои се основните функции на кожата?
12. Како кожата учествува во процесот на терморегулација?
13. Кои се основните механизми за борба против високи надворешни температури?
14. Наведи ги причините кои предизвикуваат зависност?
15. Кои се последиците од прекумерно и неконтролирано конзумирање алкохол?
16. Како се класифицираат дрогите?
17. Објасни ги последиците од употреба на дрога!
18. Што е апстиненцијална криза и како се манифестира?
19. Што е допинг?



6 Локомоторен систем

Во ова поглавје ќе учите за

- Скелетен систем, скелетни органи – коски
- Коскено ткиво
- Морфологија на коските
- Типови на коски
- Поврзување на коските
- Градба на скелет
- Мускулен систем
- Градба и функција на мускулните ткива
- Морфолошки карактеристики и градба на скелетни мускули
- Координирана работа на мускулни групи

Локомоторниот систем, познат како систем за движење, го овозможува движењето на одделните делови на телото, како и движењето на целиот организам во просторот. Кај 'рбетниците, локомоторниот систем ги опфаќа скелетниот и мускулниот систем. *Скелетниот систем*, кој е изграден од 'рскавични и коскени елементи, го претставува неподвижниот – пасивниот дел од локомоторниот систем. За него се поврзуваат мускулите и служи за нивна потпора. *Мускулниот систем* се состои од сврзно ткиво и мускули, што ја определуваат формата на телото и на неговите одделни делови. Тој го претставува подвижниот, активниот дел од овој систем [слика 6.1., а и б]. Скелетот и мускулите функционираат усогласено во движењето на телото и неговите делови во просторот и истовремено обезбедуваат заштита и потпора на одделни органи во организмот. Токму за тоа, локомоторниот систем уште се нарекува и потпорно-движечки апарат. Кај возрасен човек од целокупната маса на телото, 20 % отпаѓа на скелетот, додека 40 % на мускулите.

Скелетниот систем е изграден од ’рскавични и коскени елементи и го претставува неподвижниот – пасивниот дел од локомоторниот систем.

Мускулниот систем е изграден од сврзно ткиво и мускули. Тој го претставува подвижниот - активниот дел од овој систем.

Основните функции на скелетниот систем се **потпора** и **заштита**.

Скелетниот систем учествува во: создавање на крвни клетки, одржување на електролитната и ацидо-базната рамнотежа, детоксикација.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

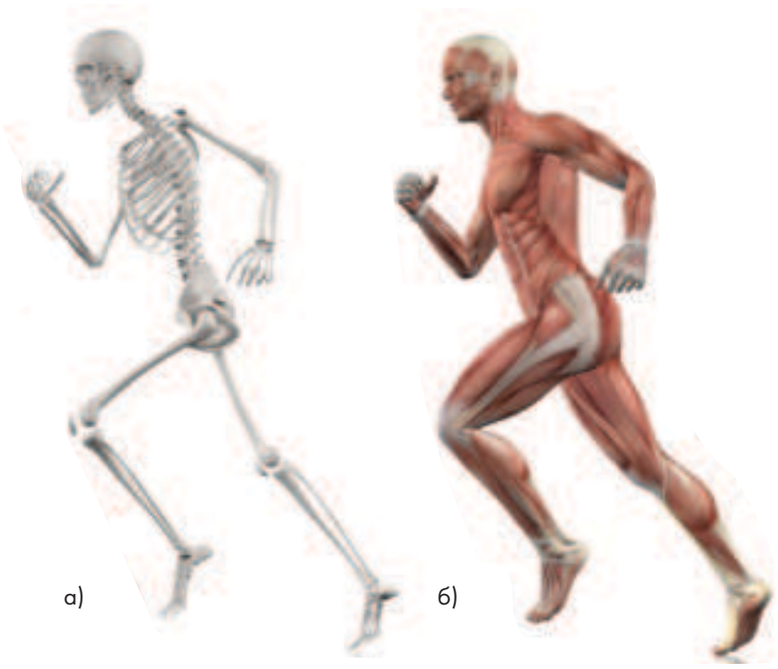
Улогата на коските во одржување на ацидо-базната рамнотежа.
Коските може да ослободат или апсорбираат алкални соли со што помагаат во одржувањето на физиолошката pH на крвта. Од друга страна, коските претставуваат депо на соли (карбонатни или фосфатни) кои по потреба се ослободуваат и се користат од страна на пуферите од крвта.

Улогата на коските во детоксикација.
Коските може да апсорбираат и складираат тешки метали и други токсични соединенија од крвта.

СКЕЛЕТЕН СИСТЕМ

Скелетниот систем е составен од *коски, ’рскавици и лиѓаменти* кои поврзани заедно формираат стабилна потпора на телото. Тој се изучува во посебен дел од анатомијата наречен **остеологија** (*osteologia*), која детално ги проучува и ги опишува коските.

Основните функции на скелетниот систем се *потпора* на мускулите и *заштита* на многу нежни, ранливи органи во телото, како што се черепниот, ’рбетниот мозок и др. Дополнително, скелетниот систем учествува во создавањето на крвните клетки, одржување на електролитната и ацидо-базната рамнотежа, како и во процесите на детоксификација. Кај човекот, скелетот се формира за време на ембрионалниот развиток поминувајќи низ три стадиуми. Во раниот ембрионален стадиум тој е претставен со хорда која подоцна се заменува со ’рскавично ткиво. Потоа, со растењето, започнува создавање на коскената маса, односно окоскување (осификација) и при тоа ’рскавицата постепено преминува во коскено ткиво. Некои делови од скелетот кои влегуваат во потпорните елементи остануваат во форма на ’рскавица во текот на целиот живот. Таков случај е ’рскавицата на површината на зглобовите, грклан, ’рскавичните прстени на душникот, ушната школка, предниот дел од носот (ноздрите), крајните делови од ребрата и др.



Слика 6.1 →
Скелетен (а) и мускулен (б) систем кај човекот.



Скелетни органи – коски

Коските се најцврстите органи во телото на човекот и заедно поврзани во стабилна функционална целина го образуваат скелетот. Кај возрасен човек скелетот содржи вкупно **206 коски**. Секоја коска во системот има определена форма и е специјализирана за вршење на определена функција. За коските преку тетиви се поврзуваат скелетните мускули, со кои се обезбедува определен начин на нивно движење.

Окоскувањето (осификацијата) е процес во кој 'рскавицата преминува во коскено ткиво.

Коскено ткиво

Површината на зглобовите, ушната школка, ноздрите, грклanот и др. остануваат во форма на 'рскавица во текот на целиот живот.

Коскеното ткиво е еден вид специјализирано сврзно ткиво, кое се одликува со голема цврстина која доаѓа од неговиот специјален хемиски состав и распоред на елементи кои го образуваат. Коскеното ткиво го градат три типа на клетки [слика 6.2]:

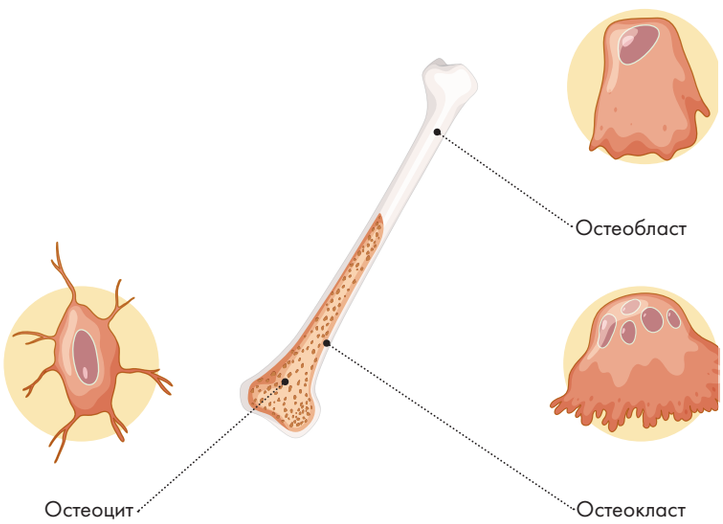
Коскеното ткиво е изградено од три типа на клетки: **остеобласти**, **остеоцити** и **остеокласти**.

1. **Остеобласти** - Овие клетки се сместени на површината на коскеното ткиво. Тие се активни и синтетизираат органски материи во коскената меѓуклеточна материја, како што е колагенот.
2. **Остеоцити** - Овие клетки настануваат од остеобластите. Претставуваат неактивни форми на коскено ткиво и се најбројни клетки во целосно развиените коски.

Остеоцитите ја даваат основната маса на коските.

3. **Остеокласти** - Овие клетки се мошне големи, подвижни и учествуваат во разградување на клеточниот матрикс, репарација и структурно одржување на коските.

Кај возрасен човек скелетот содржи вкупно 206 коски.



Слика 6.2 →
Типови на клетки кои го градат коскеното ткиво.

Остеоцитите се поврзани меѓу себе со куси продолжетоци и распоредени во концентрични плочи – ламели, во чија средина се наоѓа Хаверсов канал.

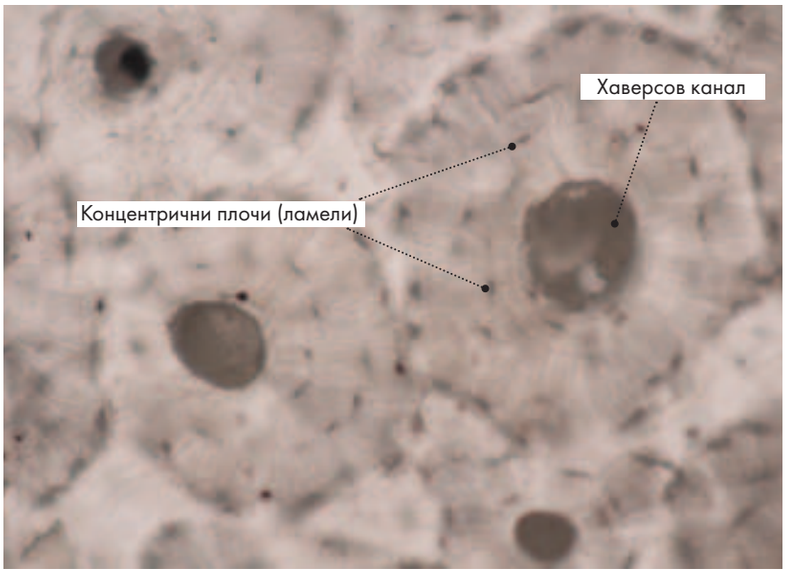
Коските се изградени од два вида на коскено ткиво:

1. збиено (компактно) коскено ткиво (supstantia compacta);
2. сунѓересто коскено ткиво (supstantia spongiosa).

Коските се изградени од 65% **соли** (калциумови, фосфатни и карбонатни соли), околу 10% **вода** и 25% **осеин**.

Цврстината на коските потекнува од минералните соли, додека еластичноста потекнува од осеионот.

Остеоцитите се најбројни клетки во коскеното ткиво кои ја даваат основната маса на коските. Тие се поврзани меѓу себе (со куси продолжетоци) и се распоредени во **концентрични плочи** или **ламели**. Во средината на ламелите е сместен централниот **Хаверсов канал** кој содржи крвни садови, нерви и сврзно ткиво [слика 6.3].



Слика 6.3
Хистолошки препарат од компактно коскено ткиво. Централниот Хаверсов канал е опколен со концентрични плочи (ламели). Во ламелите се сместени остеоцитите, кои меѓусебно се поврзани со кусите продолжетоци.

Коските се изградени од два вида на коскено ткиво [слика 6.4]:

1. **Збиено коскено ткиво - компактно** (*supstantia compacta*); и
2. **Сунѓересто коскено ткиво** (*supstantia spongiosa*).

Компактното (збиеното) коскено ткиво го гради површинскиот слој на коската, а сунѓерестото се наоѓа во длабоките делови. Меѓу ламелите е распоредена минерализираната основна материја. Ламелите во компактното коскено ткиво се густо збиени, а во сунѓерестото (*сѫнѓиозноѿо*) коскено ткиво, тие се разредени и му даваат растресит изглед. Во цврстата меѓуклеточна материја, што ја продуцираат самите остеоцити, се натрупуваат солите на **калциумот, фосфатите** и **карбонатите**. Солите се застапени со 65 % и од нивната концентрација зависи цврстината на коските. На водата отпаѓаат 10 % од основната материја, додека остатокот го сочинува протеинот **осеин**. Осеинот ја дава еластичноста на коските. Мобилизацијата на калциумот во и од коските е под контрола на специфични хормони за кои ќе стане збор во (**тема 8**). Коскеното



ткиво постојано се изградува и разградува со функционирањето на остеобластите. Нарушувањето на концентрацијата на калциумот резултира со промени во коските.



Слика 6.4 →
Внатрешна градба на цевчеста коска.

На долгите коски разликуваме проширени краеви **епифизи** и цевчест дел **дијафиза.**

Епифизите се изградени од сунѓересто коскено ткиво.

Дијафизата е изградена од компактно коскено ткиво и содржи внатрешен коскен канал.

Црвената коскена срцевина има способност да врши хематопоеза.

Коската е обложена со **покосница**, изградена од остеобласти кои имаат способност за делба.

Морфологија на коските

Основната градба на коските најдобро се проучува преку долгите коски од екстремитетите [слика 6.5]. На нив разликуваме проширени краеви **епифизи** кои се поврзани меѓу себе со издолжен, цевчест дел (тело на коската) наречен **дијафиза**.

Епифизите се изградени од сунѓересто коскено ткиво во чии шуплини има **црвена коскена срцевина** која учествува во создавањето на крвни клетки, процес познат како хематопоеза. Дијафизата е изградена од компактна коска со мала застапеност на сунѓересто коскено ткиво. Во дијафизата се наоѓа внатрешен шуплив канал кој е исполнет со црвена коскена срцевина, присутна само до 25 годишна возраст. Потоа, коскената срцевина претрпува масна дегенерација и преминува во т.н коскен мозок или **жолта коскена срцевина**. Низ ѕидот на коската минува Хаверсовиот канал, во кој се сместени крвни садови и нервни влакна. Крвните садови ги исхрануваат коските, додека нервните влакна се одговорни за сензитивноста на коски-

Коските се делат на три типа: цевчести, куси, плоснати.

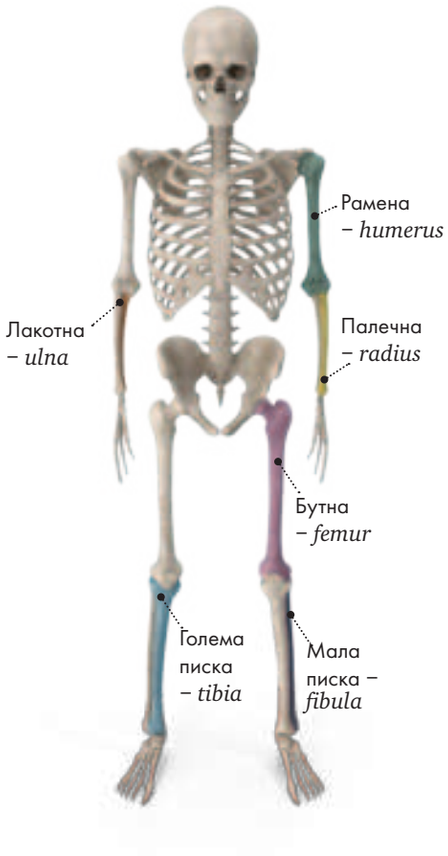
те. Освен на зглобните површини, секоја коска е обвиткана е со **покосница – периостеум**. Покосницата е изградена од остеобласти кои за разлика од остеоцитите ја задржале способноста за делба. Со активноста на остеобластите коските растат во должина и се задебелуваат, а по евентуална повреда се обновуваат. До 20-та годишна возраст покосницата е особено активна, а потоа се намалува нејзината способност за размножување. Кај старите луѓе тоа е главна причина за бавното зараснување на коските.



Слика 6.5 →
Основна градба на цевчеста коска.

Типови на коски

Коските се разликуваат по својата големина, форма, местоположба во скелетниот систем и по улогата што ја извршуваат [слика 6.6 а, б, в]. Врз основа на формата, тие се поделени во три основни групи: цевчести, куси и плоснати (табела 6.1 а, б, в).



Слика 6.6 а) →
Цевчести (долги) коски.

Табела 6.1 - Типови на коски, положба и карактеристики на коски

а) Цевчести (долги) коски			
Видови коски		**Положба во скелетот**	**Карактеристики**
	Рамена – *humerus*	Горни екстремитети (раце)	• Шупливи коски (исполнети со коскена срцевина) • Дијафиза (компактно коскено ткиво)
	Лакотна – *ulna*		
	Палечна – *radius*		
	Бутна – *femur*	Долни екстремитети (нозе)	
	Голема писка – *tibia*		
	Мала писка – *fibula*		



б) Куси коски			
Видови коски		Положба во скелетот	Карактеристики
	Прешлени	'Рбетен столб	• Неправилен облик, • Централен канал на 'рбетниот мозок
	Прсти – *falanges* Корен на дланката – *ossa carpi*	Коски на дланката	
	Корен на стапалото – *ossa torsi*	Коски на стапалото	

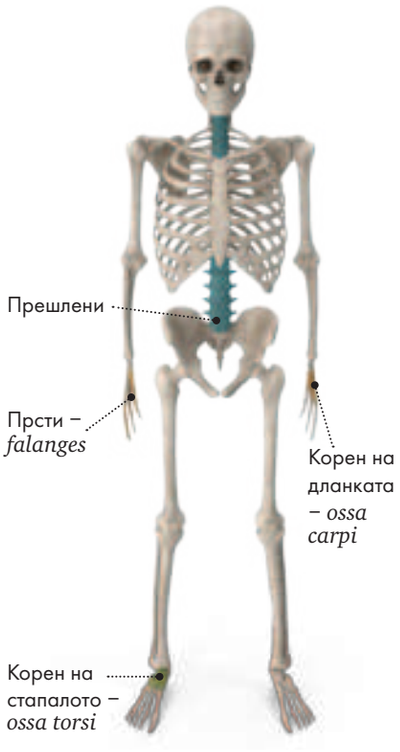
в) Плоснати коски			
Видови коски		Положба во скелетот	Карактеристики
	Карлична коска – *os coxae*	Карличен појас	• За него се поврзуваат долните екстремитети • Се формира за време на половата зрелост со сраснување на слабинска, седална и срамна коска
	Лопатка – *scapula*	Рамен појас	• За него се поврзуваат горните екстремитети • Се формира од раменатa и лопатната коска
	Коски на черепот - *ossa cranii*	Коски на главата (череп)	• Сите коски се неподвижни, но поврзани во цврстата черепна кутија

Поврзување на коските

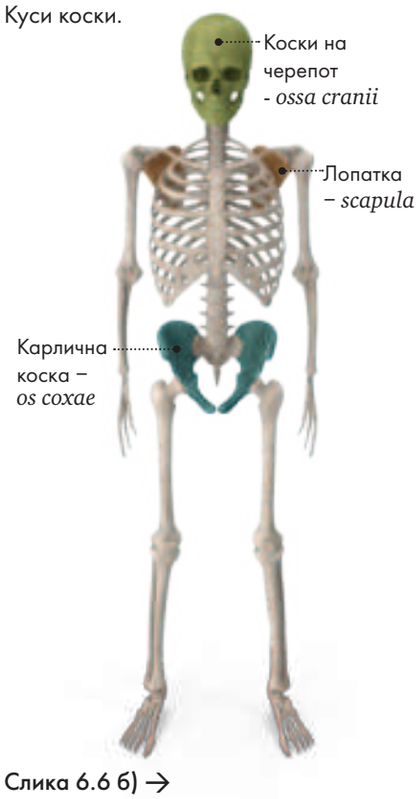
За да се обезбеди стабилност, движење, потпора и заштита на нежните внатрешни органи, коските се спојуваат меѓу себе. Структурите кои ги поврзуваат коските се нарекуваат **зглобови** (споеви).

Според подвижноста, зглобовите можат да бидат:

- **неподвижни зглобови (синартрози)** – зглобови кои се статички, како што се шевовите на черепот.
- **подвижни зглобови (диартрози)** – зглобови кои се движат слободно, како што е зглобот на лакотот.
- **полуподвижни зглобови (семиартрози)** – зглобови кои се малку подвижни, а такви се зглобовите кај коските на дланката, стапалото и прешлените.



Слика 6.6 б) →
Куси коски.



Слика 6.6 б) →
Плоснати коски.

Структурите кои ги поврзуваат коските се нарекуваат **зглобови**.

Според движењето, зглобовите може да бидат **неподвижни, подвижни и полуподвижни зглобови**.

Според начинот на поврзување, зглобовите може да бидат: **фиброзни, 'рскавични, коскени и синовијални зглобови**.

Спојување на две коски чини **прост зглоб** додека спојување на повеќе коски чини **сложен зглоб**.

Зглобовите на вилицата, лакотот, коленото и колкот се **синовијални зглобови**.

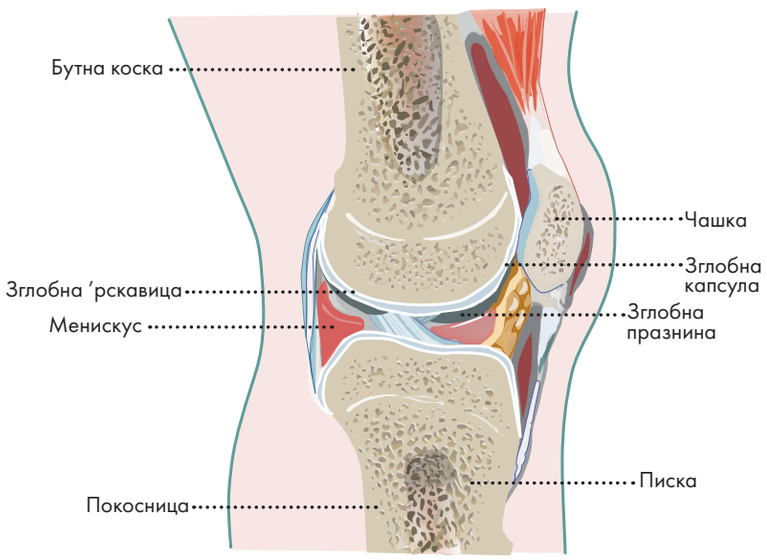
Зглобовите се класифицирани и според начинот на поврзување на две соседни коски. Според оваа класификација постојат:

- **фиброзни (влакнести),**
- **'рскавични,**
- **коскени и**
- **синовијални зглобови.**

Овие две поделби на зглобовите меѓусебно се преклопуваат. На пример, синовијалните зглобови можат да бидат подвижни или полуподвижни. Полуподвижните зглобови, може да бидат синовијални, фиброзни или 'рскавични. Доколку се зглобуваат две коски чинат прост зглоб, а кога се зглобуваат повеќе коски чинат сложен зглоб.

Градба на синовијален зглоб

Двете коски кои го сочинуваат синовијалниот зглоб се одвоени со празнина исполнета со лигава зглобна течност наречена **синовијална течност**. Карактеристични синовијални зглобови се: виличниот зглоб и лакотниот зглоб, зглобот на коленото и колкот. Овие зглобови се структурно мошне комплексни и најчесто се подложни на деформации. Градбата на синовијалниот зглоб може детално да ја проучиш на слика 6.7.



Слика 6.7 →
Градба на синовијален зглоб (зглоб на колено).



Како што може да се види од слика 6.6, коските во синовијалниот зглоб се одвоени со **зглобна празнина** која содржи **синовијална течност**. Нејзината функција е да ги потхранува зглобните 'рскавици и да ги отстранува непотребните метаболички продукти. Двете соседни површини на коските кои се зглобуваат се покриени со **зглобна 'рскавица**. Синовијалната течност заедно со зглобните 'рскавици овозможуваат движење на коските речиси без триење.

Коските во синовијалниот зглоб се поврзани со зглобна празнина која содржи синовијална течност.

Зглобот е обвиткан со **зглобна капсула** која ја затвора зглобната празнина. Капсулата има **фиброзен** (надворешен) слој кој продолжува во покосницата на зглобуваните коски и **синовијална мембрана** (внатрешен слој) која лачи синовијална течност. Синовијалната мембрана е богата со крвни садови и нервни влакна. Во некои зглобови (во зглобот кој ги поврзува градната и клучната коска стерно-клавикуларниот зглоб и зглобот на коленото), зглобната 'рскавица расте навнатре и образува „перниче" наречено **менискус**. Функцијата на менискусот е да ги ублажи ударите и притисокот на зглобот, да спречи дислокација на зглобот и да ја распредели силата на удар низ целиот зглоб.

Лигаментите поврзуваат две соседни коски додека **тетивите** поврзуваат коска со скелетен мускул.

Во градбата на синовијалните зглобови влегуваат и споредни (акцесорни, помошни) елементи од кои најзначајни се **тетивите и лигаментите**. **Тетивите** поврзуваат коска и мускул. Тие се со форма на ленти изградени од цврсто сврзано ткиво богато со колаген и учествуваат во стабилизација на зглобот. Од друга страна, **лигаментите** поврзуваат две соседни коски а по структура се многу слични на тетивите. Главните и споредните елементи на синовијален зглоб се дадени во табела 6.2.

Тетивите и лигаментите се влакнести ленти изградени од сврзно ткиво богато со колаген. Тие играат улога во стабилизирање на зглобовите и го олеснуваат движењето на телото.

Менискусот обезбедува стабилност на зглобот.

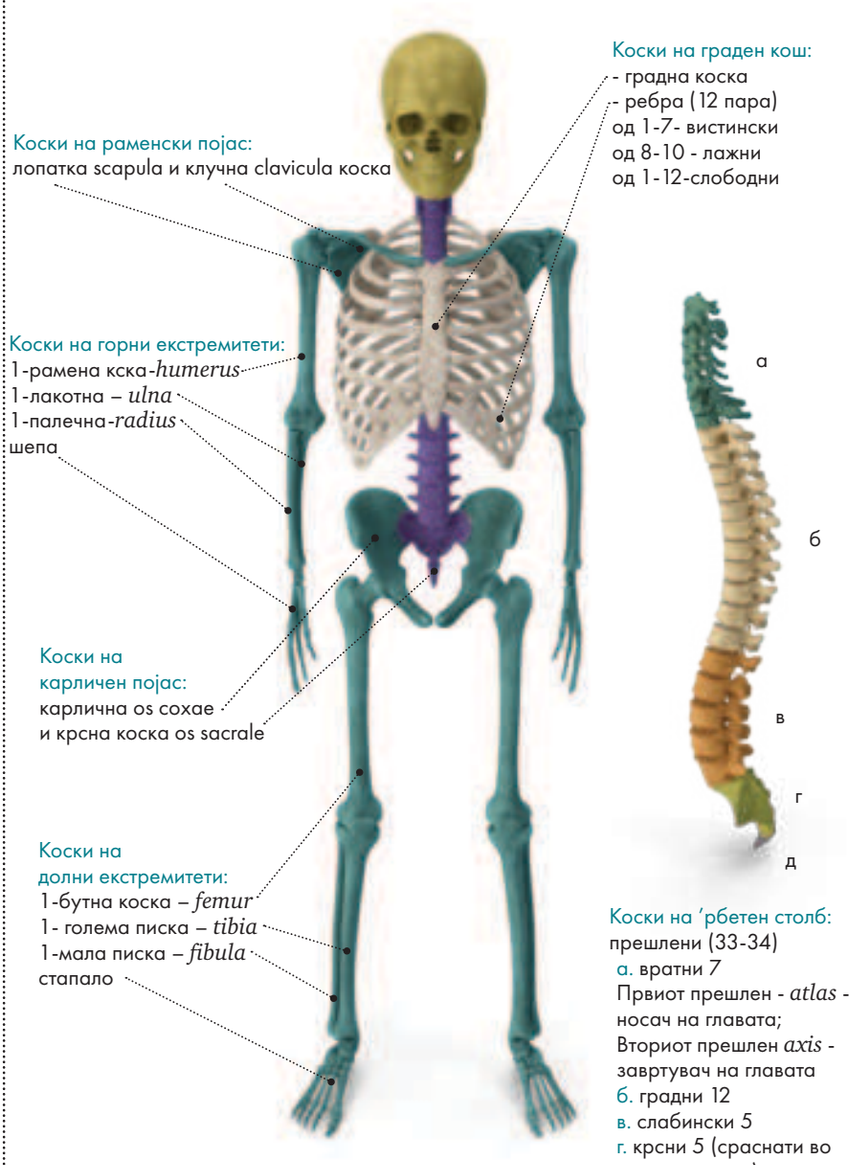
Табела 6.2 - Главни и споредни елементи кои учествуваат во градба на зглобот

Главни елементи	
зглобна површина ('рскавица)	го олеснува лизгањето на коските и ги амортизира ударите
зглобна празнина	содржи синовијална течност (го подмачкува зглобот и намалува триење)
зглобна капсула	го обвиткува зглобот затворајќи ја зглобната површина
менискус	го апсорбира притисокот во зглобот.
Споредни елементи	
тетиви	- изградени од цврсто сврзно ткиво; - поврзуваат мускул со коска; - го стабилизираат зглобот.
лигаменти	- влакнести ленти; - поврзуваат соседни коски; - зајакнуваат зглобна капсула

Коските на скелетот се поделени на 3 групи:
- коски на главата,
- коски на трупот,
- коски на горните и долните екстремитети со појаси.

Градба на скелет

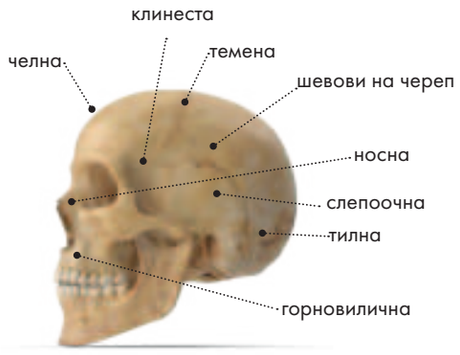
Сите коски во човековото тело го сочинуваат скелетот. Коските на скелетот кај човекот се поделени во 3 групи: коски на главата (вклучувајќи ја и подјазичната); коски на трупот - составен од коски на 'рбетниот столб и коски на градниот кош; и коски на горните и долните екстремитети со појаси (раменскиот и карличниот, соодветно). Положбата, бројот и видот на коските од одделните делови на скелетот кај човекот, можете да ги проучите на сликата 6.8 а, б.

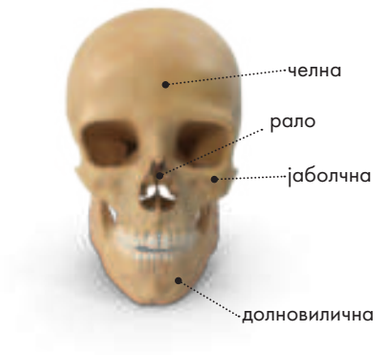


Слика 6.8 а) →
Градба на скелет.

Коски на 'рбетен столб:
прешлени (33-34)
а. вратни 7
Првиот прешлен - *atlas* - носач на главата;
Вториот прешлен *axis* - завртувач на главата
б. градни 12
в. слабински 5
г. крсни 5 (сраснати во крсна коска)
д. опашни 4 - 5 (сраснати во опашна коска)







Слика 6.8 б) →
Коски на главата и лицето.

Коски на главата:

а) Коски на черепот:
- темена (2)
- челна (1)
- клинеста (1)
- слепоочна (2)
- ситеста (1)
- тилна (1)

б) Коски на лицето:
- солзна (2)
- носна (2)
- јаболчна (2)
- горновилична (2)
- непчена (2)
- рало (1)
- подјазична (1)
- долновилична (1)
- долна носна школка (2)

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Пред околу 3 милијарди години настанале првите промени во формата на скелетот на човекот. Овие промени се поврзуваат со започнувањето на бипедалното движење и исправувањето на човекот. При тоа настанало искривување на 'рбетниот столб во форма на буквата S. Ова не е идеална положба на телото, па затоа колку сме постари, под дејство на силите на гравитацијата, доаѓа до поголемо искривување и истовремено скусување на телото.

- Во скелетот на главата кај новороденчето сите делови сè уште не се окоскени и затоа постојат неколку мембрански покривки - фонтанели. Некои од нив се затвораат за неколку месеци, а предната фонтанела се затвора дури за 18 месеци.
- Кај возрасните, паралелно со окоскувањето се одвива и разградување на коските, со што се оневозможува прекумерно задебелување на коските. По 35-тата година, започнуваат промени на скелетот и намалување на неговиот апсолутен волумен. Со тоа коскената маса има 5 – 10 % помала вредност по секоја измината декада од животот. Со староста, поради сраснување на одделни коски, бројот се намалува на 206 коски.

Интересен податок

Тешка физичка работа и некои спортови може да доведат до неправилен развој и деформитети на скелетниот систем кај човекот.

МУСКУЛЕН СИСТЕМ

Мускулите овозможуваат движење на одделни делови од телото и на целото тело.

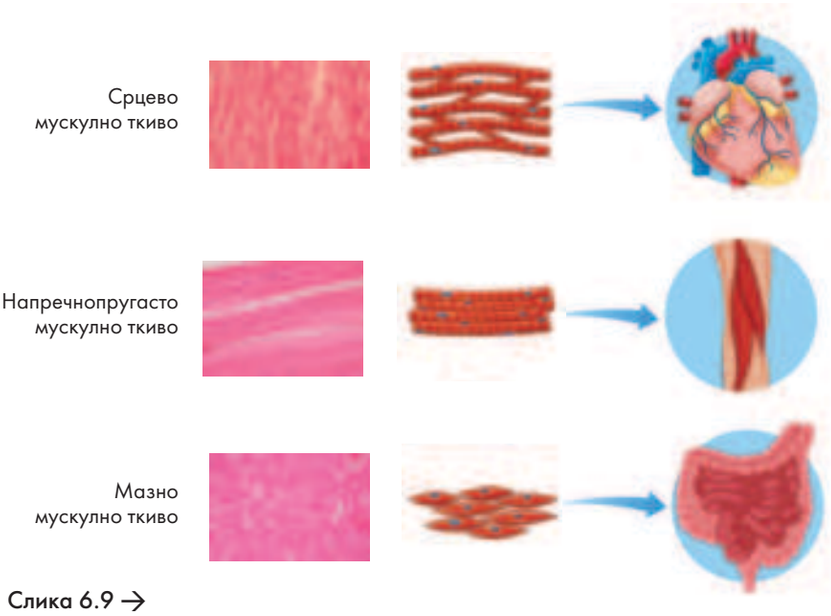
Според формата и функцијата во човековото тело, постојат три типа мускули: мазни, напречно-пругасти мускули и срцев мускул.

Мускулите се составени од мускулни клети – миоцити.

Мускулниот систем ги опфаќа сите мускули во телото, и кај човекот нивниот број е околу 600-тини мускули. Овој систем го претставува активниот дел од локомоторниот систем и преку него се остваруваат сите движења на телото. Научната дисциплина која ги изучува мускулите е наречена **миологија** (*myologia*). Од вкупната телесна тежина на човекот околу 45-50% е мускулна маса, при што 40% отпаѓаат на скелетните мускули, додека 5-10% на мазните мускули и срцевиот мускул. Мускулите се во директна врска со нервниот систем со што се овозможуваат координирани движења на телото. Мускулниот систем е снабден со богата мрежа од крвни садови, преку која мускулните летки се снабдуваат со хранливи материи и кислород и се отстрануваат непотребните продукти од метаболизмот.

Градба и функција на мускулните ткива

Мускулите се составени од мускулни клетки - **миоцити**. Овие клетки содржат контрактилни елементи - **миофибрили** и се карактеризираат со способност за контракција (скусување) и издолжување. Миофибрилите се изградени од контрактилни протеини кои имаат специфична структура со која се овозможува контркција на секоја мускулна клетка. Скусувањето и издолжувањето на мускулните клетки е регулирано по нервен пат. Врз основа на градбата и функцијата, мускулите се делат на: **мазни**, **напречно-пругасти мускули** и **срцев мускул** [слика 6.9].



Слика 6.9 →
Мускулни ткива.



- **Мазните мускули** влегуваат во градбата на внатершните органи и затоа уште се викаат **мускули на внатрешните органи или висцерални мускули**. Тие се изградени од **мазно мускулно ткиво**, односно од **мазни мускулни клетки** кои се куси, но имаат издолжена, вретеновидна форма, централно сместено јадро и не се пругасти. Овие мускули не учествуваат во локомоцијата и нивната функција во состав на различни органи ќе биде опишана во другите теми од овој учебник. Мазното мускулно ткиво е специјализирано за континуирани, долготрајни контракции со релативно слаб интензитет, инервирано е од автономниот нервен систем, па не е под контрола на нашата волја.

Мазните мускулни клетки се куси со издолжена и вретеновидна форма и централно поставено јадро.

- **Напречно-пругастите мускули** најчесто се **прицврстени за коските преку тетиви** и затоа уште се наречени и **скелетни мускули**. Исклучок на ова прицврстување се мускулите на јазикот, половите органи, окото и др. Овие мускули се изградени од издолжени и цилиндрични напречно-пругасти мускулни клетки, кои се многу подолги од мазните мускулни клетки и личат на влакна (од таму доаѓа терминот- мускулно влакно). Тие се посложено градени од мазните мускули, имаат повеќе јадра, најчесто настанува со фузирање на повеќе клетки кои ги губат посебните клеточни мембрани организирани во т.н. **синциций**. Синциумот овозможува брзо движење на импулсот, лесно растење и обновување на ткивото, дури и ако клетките се значително оштетени. Дебелината на мускулните влакна е различна за различни мускули. Колку е работата на мускулите попрецизна толку се влакната потенки (пр. очни мускули). Ако ги гледаме под микроскоп ќе видиме дека низ цитопазмата по должината се протегаат тенки влакненца. Овие влакненца нееднакво ја прекршуваат светлината и затоа кога клетките се гледаат под микроскоп се забележуваат напречни темени и светли пруги, од каде што го добиле името. Нивната контракција зависи од нашата волја (волева контракција).

Напречно пругастите мускулни клетки најчесто се меѓу себе фузионирани, содржат повеќе јадра и образуваат синциций.

Напречно пругастото мукулно ткиво е составено од долги цилиндирчни клетки – мускулни влакна.

- **Срцев мускул** се карактеризира со посебна структура и со тоа се разликува од останатите мускулни ткива. Изградено е од напречно-пругасти мускулни клетки - **кардиомиоцити.** Овие клетки се пократки од клетките на скелетните мускули, се разгрануваат, меѓу себе се поврзуваат (не се спојуваат) и формираат мрежа наречена **функционален „синциций"**. Оваа нивна структура е различна од вистинскиот синцицум кој го среќаваме кај напречно-пругастите мускули. Напречно-пругастата структура (која е по-

Срцевиот мускул е изграден од кардиомиоцити.

Кардиомиоцитите се куси клетки кои се поврзуваат меѓу себе и формираат функционален синциций.

слабо изразена во однос на скелетните мускули) овозможува брза контракција, а поврзаноста на кардиомиоцитите во мрежа придонесува за синергија на контракциите. Според функцијата, срцевиот мускул врши неволеви контракции, исто како и мазната мускулатура. Неговата контракција е стимулирана преку вегетативните (симпатички и парасимпатички) нерви, што значи има двојна инервација. Градбата и функцијата на срцевиот мускул подетално ќе биде објаснета во (тема 3) .

Во скелетната мускулна клетка, клеточната мембрана е сарколема, а цитоплазмата е саркоплазма.

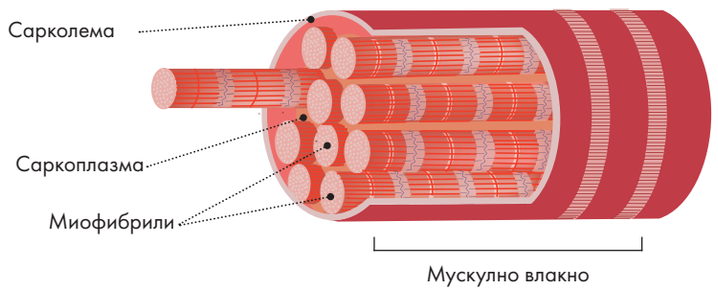
Морфолошки карактеристики и градба на скелетни мускули

За да ја разбереш функцијата на мускулите, мораш ги познаваш органелите и макромолекулите кои влегуваат во состав на мускулната клетка (мускулното влакно) и нивната распределба како и основната градба на скелетните мускули.

Миофибрилите се контрактилни протеини во мускулните клетки кои се контрахираат (скусуваат и издолжуваат)

Клеточната мембрана на мускулната клетка се нарекува **сарколема** додека цитоплазмата се нарекува **саркоплазма** [слика 6.10]. **Саркоплазмата** е исполнета со долги протеински нишки наречени **миофрибрили** кои имаат дијаметар од околу *1μm* и зафаќаат околу 80 % од волуменот на мускулите. Повеќето клеточни органели, како митохондриите и мазниот ендоплазматичен ретикулум се лоцирани помеѓу миофибрилите. Саркоплазмата е богата со **гликоген** (кој обезбедува енергија за мускулот за време на вежбање) и црвен пигмент наречен **миоглобин** кој го врзува кислородот кога не е потребен за одвивање на мускулната активност. Мазниот ендоплазматичен ретикулум на мускулното влакно е наречен **саркоплазматичен ретикулум**. Саркоплазматичниот ретикулум служи како резервоар за калциумови јони кои по потреба ги испушта во цитосолот, бидејќи истите се неопходни за мускулна контракција.

Саркоплазмата е богата со гликоген и миоглобин за обезбедување соодветно количество на енергија и кислород кои се користат од мускулното влакно.



Слика 6.10 →
Градба на мускулна клетка.

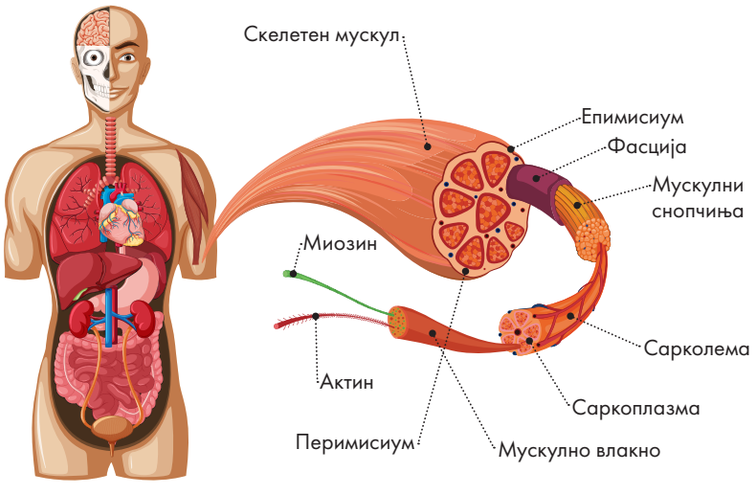


Секој миофибрил претставува снопче од контрактилни протеини - **миофиламенти**. Постојат два вида на контрактилни миофиламенти, **актин** и **миозин** кои се наизменично распоредени во паралелни линии, со што под микроскоп даваат впечаток на светли и темни зони (напречна пругавост).

Во зависност од големината, мускулот може да биде изграден од стотици или илјадници мускулни влакна (клетки). Во мускулот, мускулните влакна се распоредени едни врз други и се групирани во **мускулни снопчиња**. Секое снопче е обвиено со нежна тенка мембрана. Повеќе мускулни снопчиња се соединуваат во мускулни снопови кои се обвиткани со заедничка сврзна обвивка - **фасција**, со што се формира мускулот [слика 6.11]. Мускулот се поврзува за коските преку тетивите кои честопати навлегуваат во покосницата, па дури и подлабоко и се шират по должината на коската. На тој начин силата на мускулот се распределува на поголема површина од коската, со што се овозможува извршување на физичка работа со поголем интензитет.

Клеточната мембрана на мускулната клетка се нарекува сарколема додека цитоплазмата се нарекува саркоплазма и е исполнета со миофибрили.

Миофибрил претставува снопче од контрактилни протеини – филаменти, наречени миофиламенти (актин и миозин).



Снопче од повеќе контрактилни филаменти претставува миофиламент.

Актин и миозин се контрактилни миофиламенти.

Слика 6.11 →
Градба на скелетен мускул.

Големината и формата на скелетните мускули зависи од нивната улога и од местото на кое се наоѓаат во телото (слика 6.11).

Според тоа разликуваме:

Според формата, скелетните мускули можат да бидат куси, плочести и долги мускули.

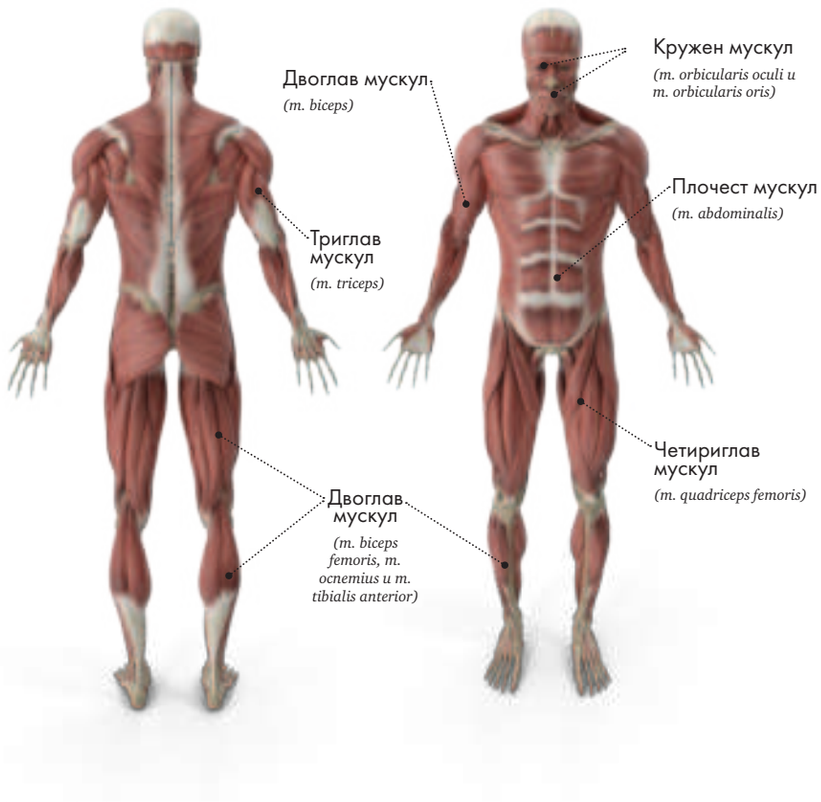
1. **Куси мускули**, кои најчесто се овални или кружни кои ги опкружуваат природните отвори на телото (кружен мускул на очниот капак и на усните);

Кусите мускули по форма се овални или кружни и се сместени на природните отвори на телото.

Стомачните мускули се изградени од плочести мускули.

Мускулите на горните и долните екстремитети се со вретеновидна форма. Тие може да бидат двоглави, триглави или четириглави мускули.

2. **Плочести мускули**, како дијафрагмата, широкиот грбен мускул или можат да бидат најразлични: со форма на ладало (слепоочен), перо, трапезовидни, или да се косо поставени како стомачните мускули и др.;
3. **Долги (вретеновидни) мускули** се присутни на екстремитетите. Кај овие мускули се разликува проширен дел (активен дел, мев, глава) и два стеснети (пасивни) краеви - тетиви. Во зависност од бројот на главите кои поаѓаат со одделни тетиви, овие мускули можат да бидат:
   - *двоглави* мускули - мускули на предниот дел на надлакотот, задниот дел на натколено и потколено,
   - *триглави* мускули - мускули на задниот дел на надлакотот и
   - *четириглави* прав бутен мускул. Овој мускул е најголем и најмоќен скелетен мускул во телото на човекот.



Слика 6.12 →
Различни форми на мускули кај човекот.



Координирана работа на мускулни групи

Скелетните мускули ретко дејствуваат независно. Најчесто тие функционираат во групи, односно парови чии комбинирани активности резултираат со координирано движење на зглобовите. Според дејството, мускулите можат да се класифицираат во најмалку четири категории, при што одреден мускул може да дејствува на еден начин за време на едно движење, а на поинаков начин за време на друго движење на истиот зглоб. Според тоа разликуваме:

1. **Агонист или примарен двигател** е мускул што произведува најголем дел од силата за време на движењето на одреден зглоб. На пример, главниот двигател при свиткување на лакотот е бицепсот на раката.
2. **Синергист** е мускул кој му помага на главниот двигател. Неколку синергетисти кои дејствуваат на ист зглоб може да произведат поголема моќност отколку еден голем мускул агонист. На пример, *m. brachialis* е мускул кој лежи длабоко под бицепсот и работи со него како синергист при свиткување на лакотот.
3. **Антагонист** е мускул кој со својата контракција се спротивставува на примарниот двигател. Најчесто тој треба да е релаксиран за да може примарниот двигател да го преземе движењето на одреден зглоб. Така, бицепсот и трицепсот претставуваат антагонистички пар на мускули кои дејствуваат на спротивни страни од ист зглоб.
4. **Фиксатор** - е мускул кој го спречува движењето на некоја коска и со тоа дозволува друг мускул кој е поврзан за истата коска да повлече некоја друга коска. Бицепсот на раката е поврзан со палечната коска и со лопатката. При свиткување на лакотот, лопатката треба да биде фиксирана и стабилизирана. Тоа се остварува преку група фиксаторски мускули поврзани со лопатката кои се контрахираат истовремено.

Скелетните мускули се движат со контракција и релаксација.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Според насоката на движењата кои ги извршуваат мускулите се класифицираат како:
- свиткувачи (флексори),
- истегнувачи (екстензори),
- доближувачи (адуктори),
- оддалечувачи (абдуктори),
- ротатори, мускули со кружно движење (циркумдуција),
- одвртувачи (супинација),
- превртувачи (пронација).

Според дејството, мускулите можат да бидат: **агонисти, синергисти, антагонисти и фиксатори**.

Саркомерата претставува основна функционална контрактилна единица на мускулните влакна.

Движењето на мускулите е последица на контракција и релаксација на саркомерите.

При релаксација се оддалечуваат актин-филаментите, со што мускулното влакно се издолжува.

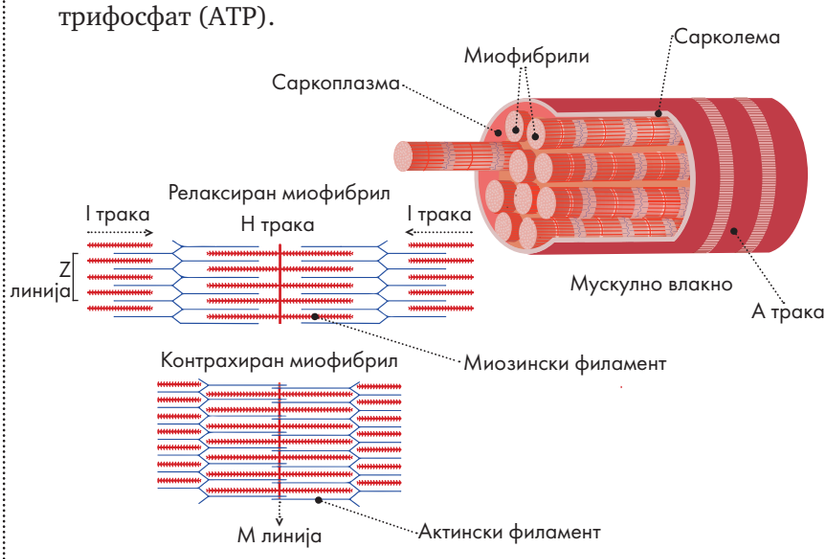
Актин-филаментите се лизгаат врз миозин-филаментите, со што при контракација се скусува мускулното влакно.

Мускулното влакно е богато со гликоген, миоглобин и калциумови јони.

Мускулна контракција

Миофибрилите набљудувани под микроскоп на надолжен пресек покажуваат наизменично распоредени темни и светли траки (линии). Темните траки се наречени **А-траки** (*А-анизотропна*), додека светлите **I-траки** (*I-изотропна*) [слика 6.13]. Секоја А-трака се состои од актински и миозински филаменти кои се преклопуваат. Во средината меѓу две соседни А-траки има посветол регион наречен **Н-трака**. Ова е место до кое не стигнуваат актинските филаменти, односно присутен е само од миозин. Светлата **I-трака** е составена само од актин. Кај оваа трака се забележува присуство на тенка темна линија која е наречена Краусеова или **Z-линија** која претставува посебен протеин за кој се прицрстваат контрактилните филаменти актин и миозин.

Сегментот помеѓу две **Z-линии** е наречен **саркомера**. **Саркомерата претставува основна функционална контрактилна единица на мускулните влакна** [слика 6.13]. При контракција на мускулната клетка, саркомерата се скусува, односно двете **Z-линии** се доближуваат една до друга. При ова дејство, филаментите (актин и миозин) не се скусуваат туку актинот се лизга врз миозинот. Движењето на мускулите е последица на контракцијата и релаксацијата на саркомерите во мускулните клетки. При релаксација, актинот и миозинот се оддалечуваат со што доаѓа до издолжување на мускулното влакно. За движењето на актинските филаменти, потребни се Ca^{2+} јони и енергија која потекнува од енергетското соединение аденозин трифосфат (АТР).



Слика 6.13 →
Контрактилна единица на мускулот.



Типови на мускулна контракција

При контракција, според промените во должината и напнатоста на мускулот (тонус), контракциите можат да бидат изотонични и изометриски [слика 6.14].

- При **изотоничните** контракции мускулниот тонус останува непроменет, а се менува само должината на мускулот.
- При **изометриските** контракции се зголемува мускулниот тонус, а должината останува неизменета.

Во зависност од тоа колку нервни импулси доаѓаат од мускулот, тој може да извршува два типа мускулни контракции, поединечни и сложени:

- **Проста** или **поединечна мускулна контракција** се јавува како одговор на еден импулс по што следи една контракција и една релаксација на мускулот.
- **Сложена мускулна контракција**, или позната уште како **тетанус**, настанува како резултат на низа импулси кои следат еден по друг во временски период пократок од траењето на една поединечна контракција. За разлика од поединечните, тетанусните мускулни контракции траат подолго и се поефикасни бидејќи развиваат поголема сила. Тетанусните контракции се карактеристични за скелетните мускулии и се повеќе застапени во организмот.

Мускулен замор

Мускулниот замор претставува прогресивна слабост и губење на контрактилноста, што се јавува како резултат на продолжена мускулна работа. На пример, ако ја држите оваа книга во рака многу време или се обидувате да запишете забелешки од предавањата на професорот кој зборува, брзо ќе почувствувате замор во рацете и прстите. За појавата на заморот во мускулите постојат повеќе причини. Една од нив е исцрпување на гликогенот како извор на енергија за работа на мускулите, односно искористување на молекулите на АТР кои се неопходни за мускулна контракција. Друга причина е натрупувањето на метаболитичките продукти во саркоплазмата, на пример млечна киселина. Млечната киселина ја намалува pH-вредноста на саркоплазмата, со што се намалува можноста за контракција, создавање на АТР и др. Голем удел во мускулниот замор има и недостатокот на кислород, кој се јавува при интензивна мускулна работа. При интензивна мускулна активност, недостатокот на кислород резултира со зголемена фреквенција (честота) на дишење. Во поново време преовладува мислење дека мускулниот замор може да се јави како резултат на заморот во централниот нервен систем од каде што потекнуваат моторните команди.

Според промените во должината на мускулот и тонусот, контракциите можат да бидат **изотонични** или **изометриски**.

Во зависност од тоа колку импулси доаѓаат до мускулот, мускулните контракции можат да бидат **прости** (поединичени) и **сложени**.

Кога до мускулот ќе дојдат повеќе последователни импулси настануваат **сложени контракции** или **тетанусни контракции**.



Слика 6.14 →
Изометриска и изотонична контракција.

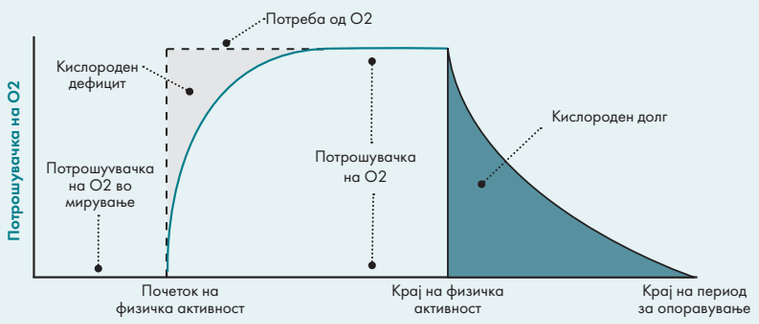
Мускулниот замор претставува прогресивна слабост и губење на контрактилноста, што се јавува како резултат на продолжена мускулна работа.

Постојат повеќе причини: исцрпување на гликогенот, натрупување на млечна киселина, недостаток на кислород или замор на ЦНС.

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Кога почнуваш со вежбање, твојот кислороден транспортен систем (респираторен и циркулаторен) не можат веднаш да ги обезбедат потребните количини на кислород за активните мускули. Со оглед на тоа дека кислородните потреби се поголеми од количините на обезбеден кислород, на почеток на мускулната активност се појавува кислороден дефицит. Потребни се неколку минути за комплетна функција на аеробните процеси, по што се постигнува состојба на рамнотежа. По завршување на мускулната активност, за време на почетните минути на опоравување, кислородните потреби и понатаму се зголемени и ова се нарекува кислороден долг. Вкупното количество на кислород кој треба да се надомести по напорно вежбање најчесто е околу 11 L и се користи за следново:

- дополнување на резервите на кислород во телото што биле исцрпени во првата минута од вежбањето. Овие вклучуваат 0,3 L кислород врзан за мускулниот миоглобин, 1,0 L врзан за крвниот хемоглобин, 0,25 L растворен во крвната плазма и други екстрацелуларни течности и 0,1 L во воздухот во белите дробови;
- дополнување на резервите на ATP кои се потрошиле при вежбањето,
- за интензивно одвивање на оксидација на млечната киселина. Околу 80 % од млечната киселина произведена од мускулите влегува во крвотокот и повторно се претвора во глукоза во бубрезите и во црниот дроб. Ова претворање на млечната киселина во глукоза преку молекулата на пируват се случува при процес познат како Кориев циклус или циклус на млечна киселина; и
- за зголемен интензитет на метаболизмот. Сè додека температурата на телото останува покачена со вежбање, вкупната стапка на метаболизам останува висока, и за тоа е потребно дополнителен кислород.



Слика 6.15 →
Потрошувачката на кислород за време на вежбање.

Кратка содржина

- Локомоторниот систем кај човекот е составен од скелетен и мускулен систем. Коските кои се дел од скелетниот систем имаат пред сè потпорна и заштитна улога, но исто така учествуваат и во движењето преку интеракција со скелетните мускули со кои се поврзани. Коските имаат улога и во создавањето на крвните клетки, одржување на електролитната и ацидо-базната рамнотежа, како и во процесите на детоксификација.

- Во градбата на коските учествуваат три вида клетки (остеоцити, остеобласти и остеокласти) и два вида ткива: збиено и сунѓересто, како и цврста основна материја што ја продуцираат клетките.

- Коските се разликуваат според нивната големина, форма, положба и функција. Коските се поврзани меѓу себе со зглобови (неподвижни, подвижни и полуподвижни) и помошни елементи од кои најзначајни се тетивите и лигаментите. Најголем дел од зглобовите се специјализирани за специфични движења. Најподвижни зглобови се тие на екстремитетите.

- Скелетот кај човекот е поделен на: коски на главата (череп), коски на трупот (во кој спаѓаат коски на `рбетниот столб и градниот кош) и коски на екстремитетите со појасите (т.е. горни екстремитети со раменски појас и долни екстремитети со карличен појас).

- За разлика од скелетниот систем кој го претставува пасивниот дел од локомоторниот сиситем, мускулниот систем е неговиот активен дел и со нивна интеракција се овозможува движење на одделни делови од телото, како и на целиот организам во целина. Постојат три вида мускулни ткива и тоа: мазно (од кое се изградени внатрешните органи), напречно-пругаво (скелетно) и срцево.

- Мускулните клетки (миоцити) се изградени од сарколема, саркоплазма и миофибрили (мускулни влакна) кои содржат снопче од контрактилни протеини (миофиламенти – актин и миозин).

- Основната функционална контрактилна единица на мускулните влакна се нарекува саркомера со чија контракција и релаксација се овозможува движењето на мускулите. Контракцијата настанува кога калциумот е навлезен во мускулната клетка, со што се поттикнува движењето на актин-филаментите врз миозин-филаментите, додека потребната енергија за движење на актин-филаментите се ослободува од АТР.

- Функционирањето на скелетниот сиситем е како кај систем од лостови во кој несвитливите коски се движат околу фиксираните зглобови. Екстремитетите како најподвижни можат да се испружат и ротираат околу зглобот, а нивното движење е овозможено од мускулите кои се поврзани за зглобот.

- Мускулите екстензори учествуваат во исправувањето на зглобовите, додека мускулите флексори имаат спротивни движења.

- Движењето на мускулите настанува како последица на стимул од нервен импулс, што укажува на директната поврзаност на мускулот со нервниот систем, како резултат на што се овозможени координирани движења.

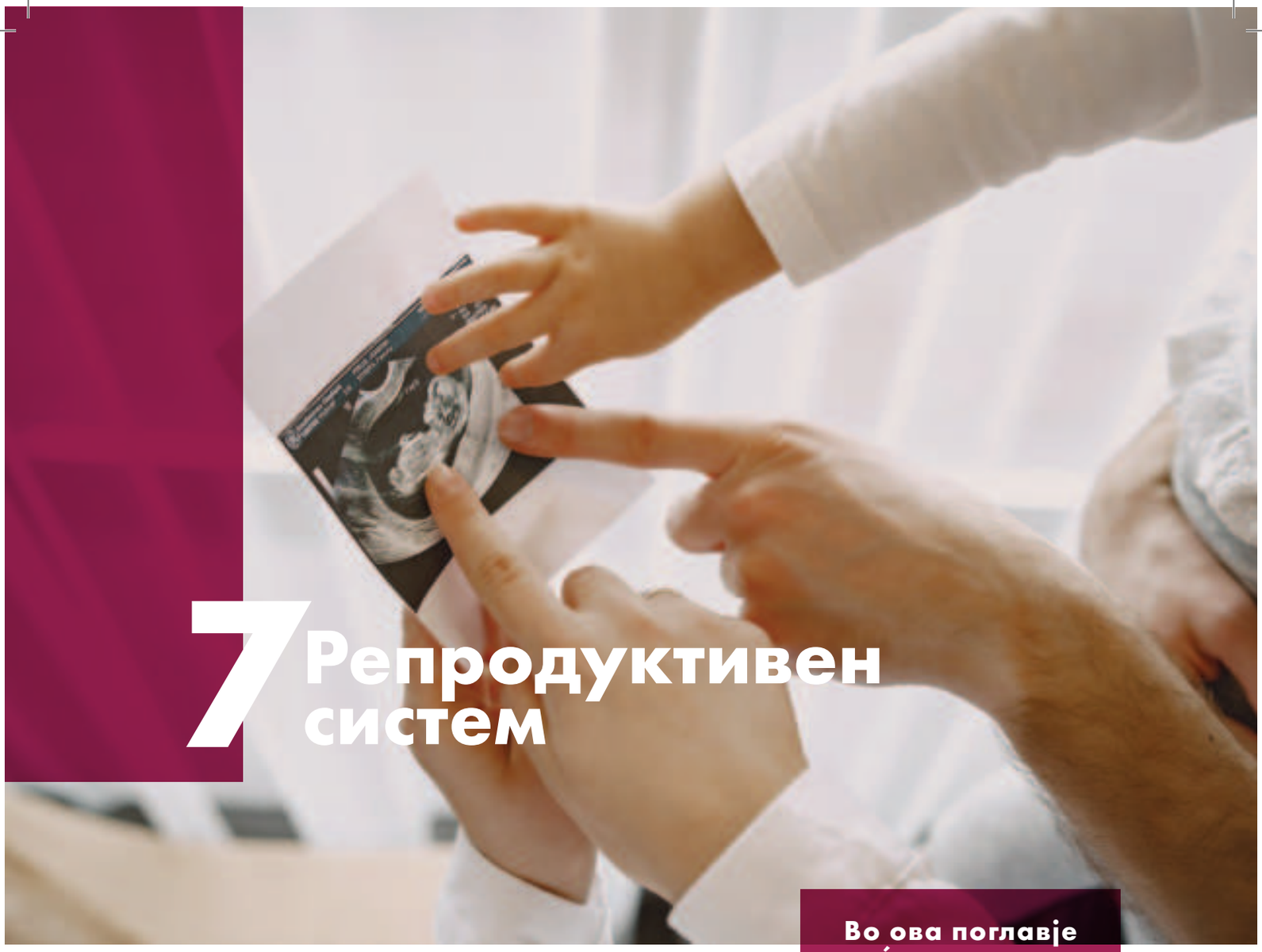
- Поединечните контракции настануваат како резултат на еден нервен импулс, додека при зачестени нервни стимулации настануваат сложени мускулни контракции или тетанус и е карактеристика за скелетните мускули.

- Скелетните мускули ги овозможуваат волевте движења (кои зависат од нашата волја), додека мазните мускули и срцевиот мускул учествуваат во неволеви контракции.

- Заморот на мускулите доведува до намалување на работната способност на човекот. Мускулниот замор е повеќе изразен при статичка работа, т.е. при иста / непроменета положба подолго време. Дел од причините кои доведуваат до мускулен замор се: исцрпување на гликогенот, натрупување на млечна киселина, недостаток на кислород или замор на ЦНС.

ПРОВЕРЕТЕ ГО ВАШЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Објасни ја функцијата на локомоторниот систем.
2. Кои се основните функции на скелетниот систем?
3. Низ кои стадиуми поминува скелетот кај човекот во раниот ембрионален развиток?
4. Колку типа на коскени клетки постојат?
5. Колку типа на коскено ткиво има и од што се изградени?
6. На што се должи способноста за растење на коските?
7. Каква е улогата на Хаверсовите канали во коските?
8. Какви типови на коски има и кои се нивните карактеристики?
9. Како се делат зглобовите според релативната слобода на движење?
10. Како се класифицирани зглобовите според начинот на поврзување на две соседни коски?
11. Опиши ја градбата на синовијалните зглобови.
12. Во колку групи се поделени коските на склететот?
13. Која е улогата на мускулниот систем во движењето?
14. Колку типови на мускулно ткиво има?
15. Направи споредба помеѓу срцевото и скелетнотно мускулно ткиво.
16. Во градбата на кои органи влегува мазното мускулно ткиво?
17. Како се поврзани коските за мускулите?
18. Што е сарколема а што саркопазма?
19. Која е функцијата на саркоплазматичниот ретикулум?
20. Што се миофиламенти и колку видови постојат?
21. Опиши ја градбата на еден скелетен мускул.
22. Како се поделени мускулите според својата големина и форма?
23. Како се класифицирани мускулите според нивното дејство?
24. Што е сакромера?
25. Објасни ги термините А-трака, I-трака, Н-трака и Z-лента.
26. Какви типови на мускулни контракции постојат?
27. Објасни како настануваат сложени контракции?
28. Што е назабен тетанус?
29. Што е мускулен замор?
30. Наведи ги причините кои доведуваат до мускулен замор.



7 Репродуктивен систем

Во ова поглавје ќе учите за

- Бесполово, полово и вегетативно размножување
- Машки репродуктивен систем, гамети и нивни карактеристики
- Машки полови хормони и механизам на дејство
- Женски репродуктивен систем, женски гамети и нивни карактеристики
- Месечен (овариjален) циклус кај жената
- Женски полови хормони и механизам на дејство
- Оплодување, зигот, ембрион и имплантација
- Бременост, плацента и папочна врвца
- Планирање на семејството
- Методи на контрацепција
- Методи на in vitro инсеминација

Размножувањето е една од основните карактеристики на живите организми. Тоа е процес што овозможува создавање на нови единки од ист вид, со што се овозможува продолжување на неговиот опстанокот. Процесот на размножувањето кај различни организми се разликува според начинот на кој се одвива, различните периоди од животот, бројот на новосоздадени млади организми и слично. Основни типови на размножување се *бесполово* и *полово*.

БЕСПОЛОВО (АСЕКСУАЛНО) РАЗМНОЖУВАЊЕ

Бесполовото размножување е наједноставна форма на размножување и се одвива кај голем број прокариотски микроорганизми (бактерии) и кај некои еукариотски едноклеточни и повеќеклеточни организми. Кај овој тип на размножување не настанува фузија на гамети, ниту промена на бројот на хромозоми. Потомството кое се добива со ова размножување се едноклеточни или повеќеклеточ-

Бесполовото размножување е наједноставната форма на разможување кај живите организми, каде е потребен само еден родител, а новосоздадената единка е идентична со родителот.

ни организми кои го наследиле целиот сет од гени од единствениот родител, односно претставува клон на оригиналниот родителот. Постојат повеќе начини на бесполово размножување, како што се: *бинарна фисија*, *вегетативно размножување*, *пупење* и *спорулација*. Сите имаат две исти главни карактеристики: потребен е само еден родител и новосоздадената единка секогаш е идентична со својот родител.

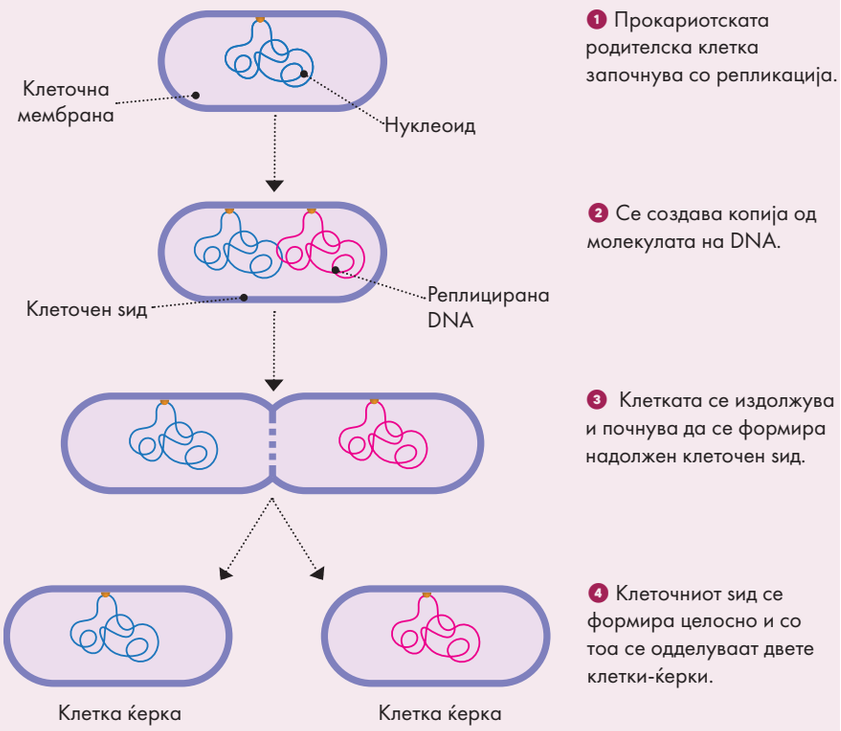
Животните може да се размножуваат бесполово (асексуално) преку *фисија*, *пупење*, *фрагментација* или *партеногенеза*.

Животните може да се размножуваат бесполово (асексуално) преку **фисија**, **пупење**, **фрагментација** и **партеногеноза**.

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Фисија

Фисија, исто така наречена бинарна фисија, се јавува кај прокариотски микроорганизми и кај некои без'рбетни повеќеклеточни организми. После одреден период на раст, еден организам се дели на два одделни организми [слика 7.1]. Некои едноклеточни еукариотски организми се подложени на бинарна фисија со митоза. Во други организми, дел од индивидуата се одделува, формирајќи втора индивидуа. Овој процес се јавува кај многу иглокожи, како и некои коралнии полипи.

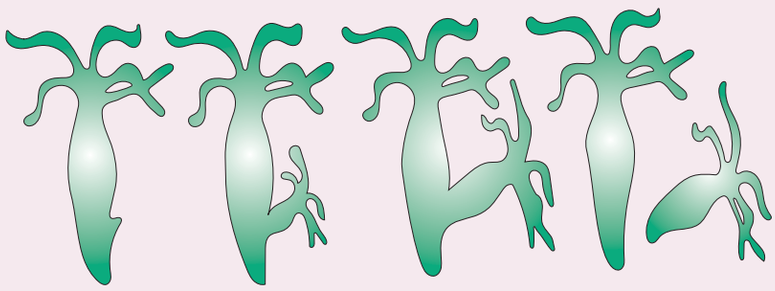


Слика 7.1 →
Бинарна фисија кај прокариотска клетка.



Пупење

Пупењето е форма на бесполово размножување (асексуална репродукција) што произлегува од израсток на дел од клетка или организам, што доведува до негово одвојување од оригиналниот организам, а како резултат на тоа се добиваат две единки [слика 7.2].



Слика 7.2 →
Пупење како форма на бесполово размножување кај хидрата.

Фрагментација

Фрагментација е делба на организмот на два дела со последователна регенерација [слика 7.3]. Ако животното е способно за фрагментација, а фрагментираниот дел е доволно голем, новата единка го продолжува растот. Многу морски ѕвезди се размножуваат асексуално со фрагментација. На пример, ако еден крак на морската ѕвезда се фрагментира (откине), од тој фрагмент ќе се регенерира нова морска ѕвезда. Во процесот на фрагментација, генерално, постои забележлива разлика во големината на двете единки, за разлика од размножувањето со фисија (при кое се формираат две единки со приближно иста големина).

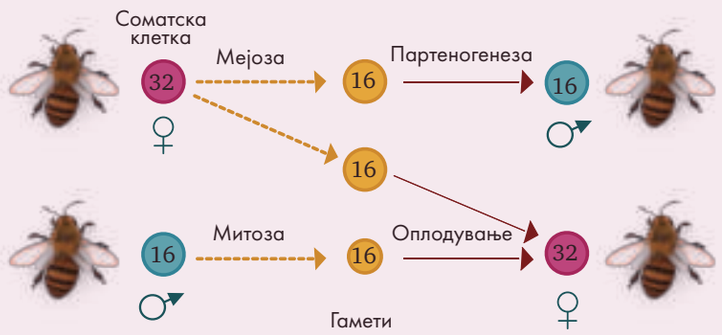
Партеногенеза

Партеногенезата е форма на асексуална репродукција каде што јајце клетката се развива во целосна индивидуа без да се оплоди [слика 7.4]. Како резултат на тоа, потомството може да биде или хаплоиден или диплоиден организам во зависност од процесот и видот. Партеногенезата се јавува кај без'рбетниците како што се водени болви, лисна вошка, некои мравки, оси и пчели. Некои видови на 'рбетници, како што се одредени влечуги, водоземци и риби, исто така се размножуваат преку партеногенеза. Партеногенезата е присутна и кај растенијата (тема 9) .



Слика 7.3 →
Фрагментација.

Мејозата и создавањето на гаметите се две одделни фази или генерации во животниот циклус кај организмите и се нарекува - **смената на генерации**.



Слика 7.4 → Партеногенеза.

Вегетативно размножување

Вегетативно размножување е форма на бесполово размножување кај растенијата, при што од дел на родителското растение се создава ново растение.

Вегетативното размножување (уште познато како вегетативна пропагација, вегетативна мултипликација) е која било форма на **бесполово размножување кај растенијата**, при што од дел на родителското растение се создава ново растение. Може да се одвива преку ризоми, луковици, листови, корени како и со процес на калемење. Комерцијално важните растенија честопати планирано се размножуваат со асексуални методи со цел да се задржат особено пожелните карактеристики (на пример, боја на цвет, арома, отпорност на болести и друго). Засечените делови може да се земат од родителот и да се вкоренат. Овој процес е познат како пропагација на растенијата.

Размножување со спори

Голем број повеќеклеточни организми во текот на својот животниот циклус образуваат спори, а тој процес е означен како **спорулација**.

Голем број повеќеклеточни организми во текот на животниот циклус образуваат **спори**, а тој процес е означен како **спорулација**. Исклучок се животните и некои претставници од протистите, кај кои процесот на мејоза е проследен со оплодување. За разлика од нив, кај растенијата и голем дел од алгите, најчесто после процесот на мејоза се формираат хаплоидни спори, наместо гамети (полови клетки). Од овие спори, без да настане оплодување, се развива повеќеклеточен организам (кај растенијата е наречен гаметофит). Овие хаплоидни организми преку митоза создаваат гамети.

Важно е да се истакне дека мејозата и образувањето на гамети претставуваат одделни фази или генерации во животниот циклус кај организмите, наречени *смена на генерации*.

За разлика од половото размножување кое едноставно може да се дефинира како спојување на гамети (оплодување), формирањето на спори кај растенијата и алгите, претставува форма



на бесполово размножување (агаметогенеза). Треба да се истакне дека и двата процеса (образување спори и оплодување) се неопходни со цел комплетирање на животниот циклус кај претходно наведените организми.

Процесот на образување на бесполови спори се сретнува и кај **габите** и кај некои претставници од алгите. Кај нив спорите настануваат како резултат на митоза на репродуктивните клетки, наречени митоспори, по чие расејување настанува нов организам. Овој тип на размножување се сретнува кај габите (оние кај кои се формираат **конидии -** вид на спори за бесполово размножување) и кај претставниците од црвените алги (*Polysiphonia*), при што настанува спорогенеза без мејоза. Поради тоа бројот на хромозоми во бесполовите спори е ист со оној на родителски создадените спори.

ПОЛОВО РАЗМНОЖУВАЊЕ

Половото размножување се среќава кај сите цветни растенија и кај најголем број на животни. При ова размножување доаѓа до соединување (фузија) на две гамети (полови клетки), една машка и една женска. Овој процес се нарекува фертилизација. Секоја од двете гамети, има само половина од бројот на хромозомите (n, хаплоиден број). Со соединување на двете гамети, се создава зигот со диплоиден (2n) број на хромозоми. Процесите на формирање на машките и женските гамети, опрашувањето и оплодувањето кај растенијата се објаснети во (тема 9).

Гаметогенеза

Процесот на создавањето и созревањето на машките и женските полови клетки е познат како **гаметогенеза**. Процесот на создавање на машките полови клетки е познат како **сперматогенеза**, додека процесот на создавање на женските полови клетки е познат како **оогенеза**. Создавањето на гамети настанува со процес на **мејоза.** Мејозата е клеточна делба која резултира со редукција на бројот на хромозоми од диплоиден (2n) во хаплоиден (n) број, со што бројот на хромозоми во гаметите кај човекот од 46 се редуцира на 23. Фазите во кои се одвива мејозата кај двата пола не се разликуваат. Разликите се само во морфолошките и физиолошките особини на сперматозоидите и јајце-клетките што е поврзано со нивната улога во оплодувањето. Процесите на сперматогенеза и оогенеза се обработени подолу во текстот.

Половото размножување се остварува со соединување (фузија) на две гамети (една машка и една женска), а секоја гамета има половина од бројот на хромозомите (n, хаплоиден број).

Зиготот кој содржи диплоиден број на хромозоми (2n) се создава со соединување на машката и женската гамета.

Гаметогенеза - процес на создавање и созревање машки и женски полови клетки.

Сперматогенеза - процес на создавање машки полови клетки.

Оогенеза - процес на создавање женски полови клетки.

Мејоза - клеточна (редукциска) делба при која се создаваат гамети (клетки со хаплоиден број на хромозоми).

Основна функција на машкиот репродуктивен систем е продукција на сперматозоиди и нивно спроведување до женскиот репродуктивен систем.

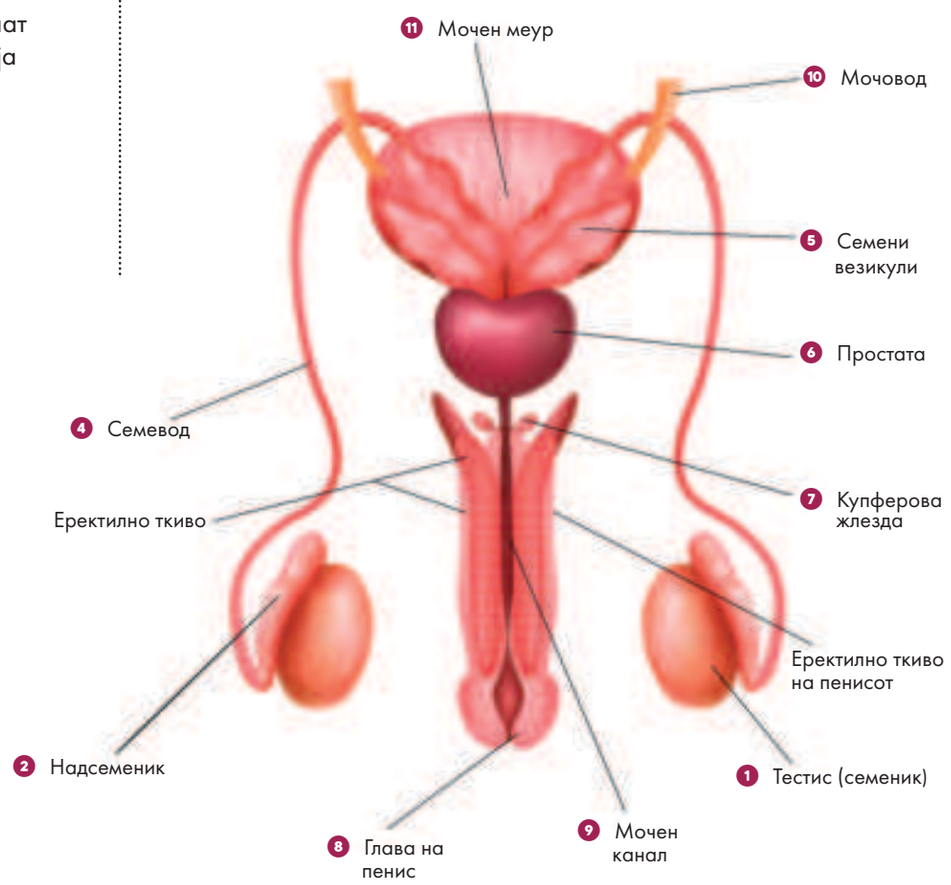
Сперматозоидите се машки гамети со хаплоиден број на хромозоми.

Гонадите – семениците (тестиси) и **јајчниците** (овариуми) - претставуваат жлезди со двојна функција – егзокрината функција (создавање гамети) и ендокрина функција (секреција на половите хормони).

Машки репродуктивен систем кај човекот

Примарната функција на машкиот репродуктивен систем е да продуцира машки гамети (сперматозоиди) и да ги спроведе до женскиот репродуктивен систем, со цел да се изврши оплодување на женските гамети (јајце-клетки). На тој начин, преку спојување на две хаплоидни гамети (во процес на оплодување) се создава диплоиден зигот, што претставува почеток на создавање на нов организам.

Во состав на машкиот репродуктивен систем влегуваат неколку различни структури (органи и жлезди), прикажани на слика 7.5 и табела 7.1.



Слика 7.5 →
Машки репродуктивен систем.



Табела 7.1 Органи и жлезди од машкиот репродуктивен систем.

Машки репродуктивен систем - органи и жлезди		
1	**Семеник** (*testes*)	• Продуцира (милиони) сперматозоиди (дневно).
2	**Надсеменик** (*epididymis*)	• Структура каде созреваат сперматозоидите и стануваат способни за движење.
3	**Семена торбичка** (*scrotum*)	• Ги заштитува и одржува тестисите надвор од телото (каде има пониска температура од базалната температура на телото).
4	**Семеводи** (*vas deferens, ductus deferens*)	• Канали кои ја спроведуваат спермата до пенисот.
5	**Семенални везикули** (*seminal vesicule*)	• Продуцираат течност која е богата со шеќери како извор на енергија за сперматозоидите.
6	**Простата** (*prostata*)	• Секретира алкална течност која ја неутрализира киселата средина од женскиот репродуктивен систем.
7	**Булбоуретални (Купферови) жлезди** (*glandulae bulbourethrales*)	• Секретираат алкална течност која ги неутрализира остатоците од киселата урина во мочниот канал.
8	**Пенис** (ерективен орган)	• Ја спроведува спермата до основата на вагината во процес на ерекција.
9	**Мочен канал** (*uretra*)	• Мочниот канал е канал што почнува од мочниот меур и излегува надвор, а служи за парзнење на мочниот меур. Мочниот канал кај машките има двојна функција: ги пренесува половите клетки и го испразнува мочниот меур.
10	**Мочовод** (*ureter*)	• Припаѓа на екскреторниот систем
11	**Мочен меур** (*vesica urinaria*)	• Припаѓа на екскреторниот систем

Главни репродуктивни органи од машкиот полов систем се парните **семеници (тестиси)**. Секој семеник е со големина од околу 4 cm во должина и 2,5 cm во дијаметар. Внатрешноста на семеникот е изградена од голем број на извиени семени каналчиња (семиниферни тубули), помеѓу кои се наоѓаат **Лајдигови клетки** [слика 7.6]. Со нивната активност се остварува егзокрината и ендокрината функција на семениците. **Егзокрината функција на семениците** е претставена со процесот на сперматогенеза – создавање на сперматозоидите по пат на мејоза која се одвива во мрежата од семени каналчиња. Продукцијата на машките полови хормони (тестостерон) настанува на ниво на Лајдиговите клетки и претставува **ендокрина функција на семениците**.

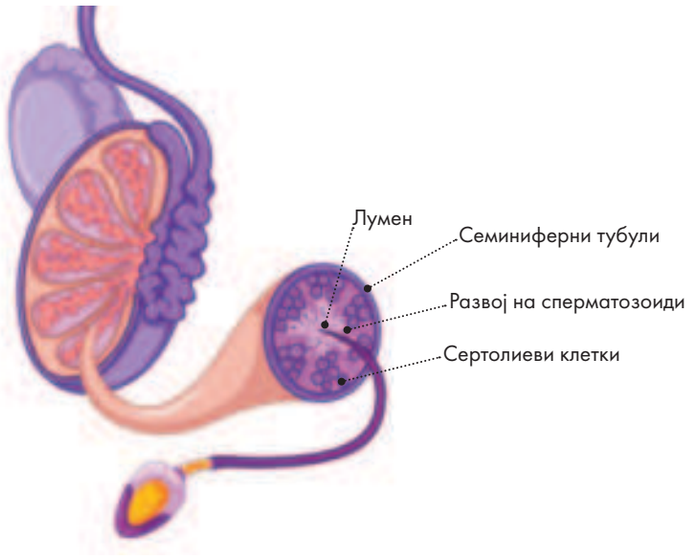
Ако сакаш да знаеш повеќе!

Хермафродитизам

Хермафродитизам се јавува кај животни каде што една единка има и машки и женски репродуктивни делови. Без'рбетниците, како што се тенијата и полжавите, често се хермафродити. Хермафродитите можат самостојно да се оплодат или можат да се парат со друга единка од истиот вид, оплодувајќи се едни со други и обете даваат потомство. Самооплодувањето е вообичаено кај животни кои имаат ограничена подвижност или не се подвижни, како што се школките.

Тестисите се главни машки репродуктивни органи.

Тестисите (во текот на ембирионалнот развиток) се развиваат во абдоминалната празнина. Под влијание на феталниот тестостерон, два месеца пред раѓање, тестисите ја напуштаат абдомоналната празнина и се спуштаат во надворешна семена кесичка (**мошница, скротум**). Температурата во скротумот е 2-3 °C пониска отколку температурата во абдоменот. Имено, базалната телесна температура од 37 °C е висока за правилен развој на сперматозоидите, а скротумот обезбедува релативно пониска температура за развој на истите.



Слика 7.6 →
Анатомија на тестис и напречен пресек на семеник.

Создавањето и созревањето на **сперматозоидите** настанува во тестикуларните семени каналчиња.

Машките полови клетки - сперматозоидите се создаваат од герминативните клетки на епителот на семените каналчиња.

Процесот на созревање на сперматозоидите настанува во **надсеменицте** на секој тестис.

Сперматогенеза

Процесот на создавањето и созревањето на машките полови клетки (сперматозоиди) се одвива во семените каналчиња на тестисите. Сперматозоидите се создаваат од клетките на герминативниот епител што ги обложува ѕидовите на каналчињата. Машките индивидуи почнуваат да продуцираат машките полови клетки за време на пубертетот, под влијание на два хормона од предниот резен на хипофизата (аденохипофиза) - фоликуло стимилирачкиот хормон (FSH) и лутеинизирачкиот хормон (LH).

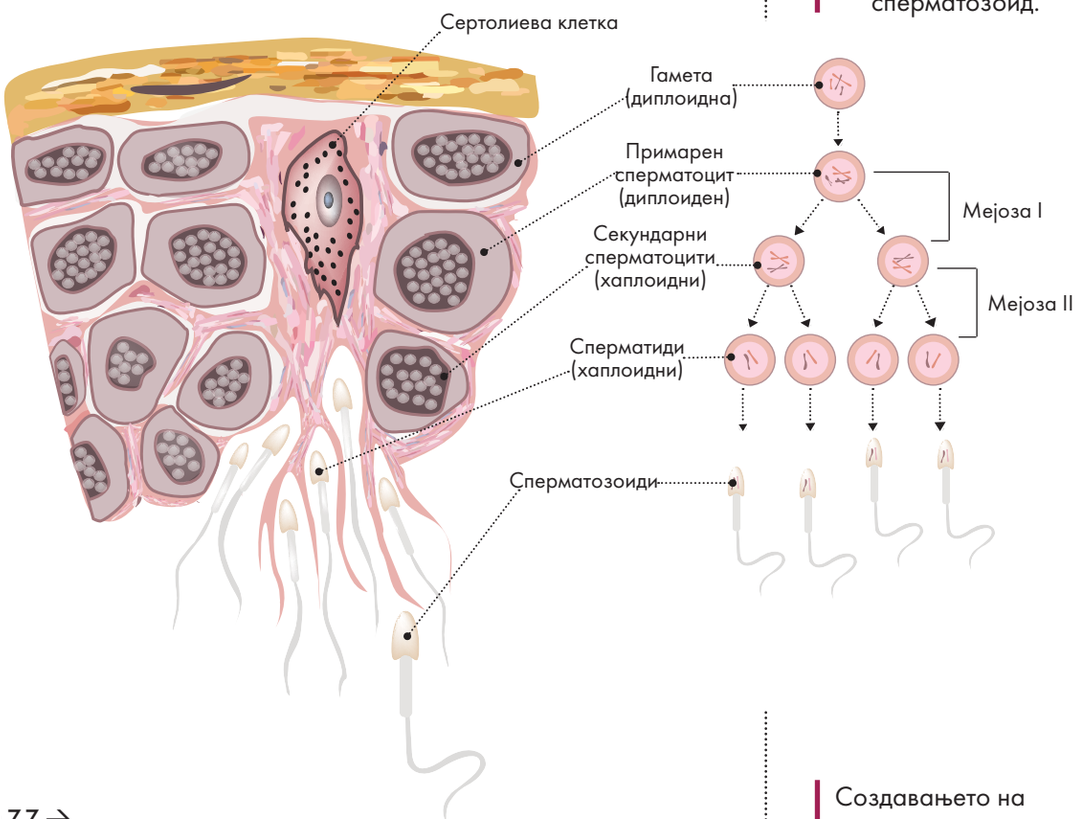
Сперматогенезата се одвива во неколку последователни фази [слика 7.7].



1. фаза - зголемување на бројот на клетките преку митотичка делба и формирање **сперматогонии** од герминативниот епител;
2. фаза - со митотичка делба сперматогониите преминуваат во **примарни сперматоцити**;
3. фаза - мејоза I - редукција на бројот на хромозомите и создавање на **2 секундарни сперматоцита**;
4. фаза - мејоза II - делба на претходно добиените секундарни сперматоцити и формирање на **4 незрели полови клетки - сперматиди**;
5. фаза - спермиогенеза - процес на созревање, односно менување на формата на сперматидите и формирање **сперматозоид**.

Сперматогенезата се одвива во 5 фази:

- фаза на формирање сперматогонии;
- фаза на формирање примарни сперматоцити;
- фаза на формирање хаплоидни секундарни сперматоцити;
- фаза на формирање незрели полови клетки - сперматиди и
- фаза на формирање сперматозоид.



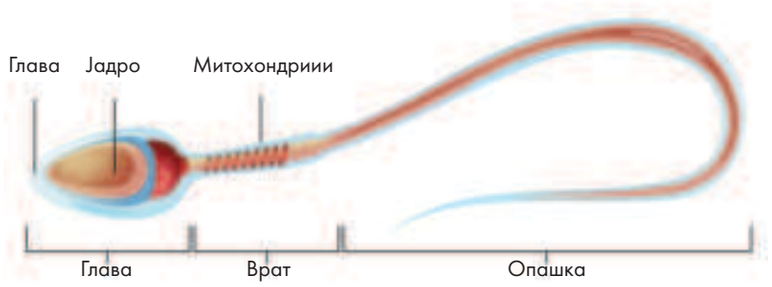
Слика 7.7 →
Напречен пресек на семеник и семениферни тубули.
Процес на мејоза и созревање на сперматозоите во рамките на процесот на сперматогенеза.

Секој созреан сперматозоид [слика 7.8] се состои од три региони - глава, тело со врат и опашка (флагелум). Во **главата** на сперматозоидот се создаваат ензими, кои за време на оплодувањето овозможуваат негово пенетрирање низ протективните обвивки на јајце-клетката. Исто така, во главата се наоѓаат и 23 хромо-

Создавањето на сперматозоиди може да биде ограничено од неколку различни причини: стрес, инфекции, хормонални нарушувања, дијабетес, генетски фактори, алкохол и злоупотреба на дроги.

Сперматозоидите се изградени од: глава, тело и опашка.

зоми кои ќе бидат внесени во јајце-клетката. **Телото** на сперматозоидите содржи митохондрии кои обезбедуваат енергија за движење на сперматозоидите. **Опашката** на сперматозоидите е таа која ја овозможува подвижноста на сперматозоидите.



Слика 7.8 →
Шематски приказ на градба на сперматозоид (глава, врат и опашка).

Патот на сперматозоидите низ машкиот организам

За да излезат во надворешната средина, сперматозоидите се движат низ следниве делови од машкиот репродуктивен систем:

- извиени семени каналчиња;
- надсеменик;
- семевод;
- мочовод и
- мочен канал.

Сперматозоидите се движат од семинифeрните тубули кон **надсеменикот** на секој тестис, каде што настанува процес на созревање на сперматозоидите. Најголем дел од созреаните сперматозоиди остануваат во епидидимисот, но дел од нив го напуштаат и навлегуваат во семеводот (*vas deferens*), канал кој влегува во абдоминалната празнина и се влева во **мочниот канал**. Во мочниот канал, спермата се меша со течности кои се секретираат од три егзокрини жлезди - **семени меурчиња, простата и булбоуретални жлезди**.

Мочниот канал (уретерот) е канал преку кој урината излегува од мочниот меур. Кај мажот и урината и спермата излегуваат надвор од телото преку уретерот, но не во исто време. Мочниот канал минува низ **пенисот**. Кај сексуално созреана личност, сунѓерестото ткиво на пенисот се полни со крв. Тоа предизвикува **ерекција** на пенисот, по што следи **ејакулација** (исфрлање на спермата од пенисот со контракција на мазните мускули на уретерот). При секоја ејакулација се исфрлаат околу 300 до 400 милиони сперматозоиди, од кои најголем дел пропаѓаат поради киселата pH на женскиот репродуктивен систем.



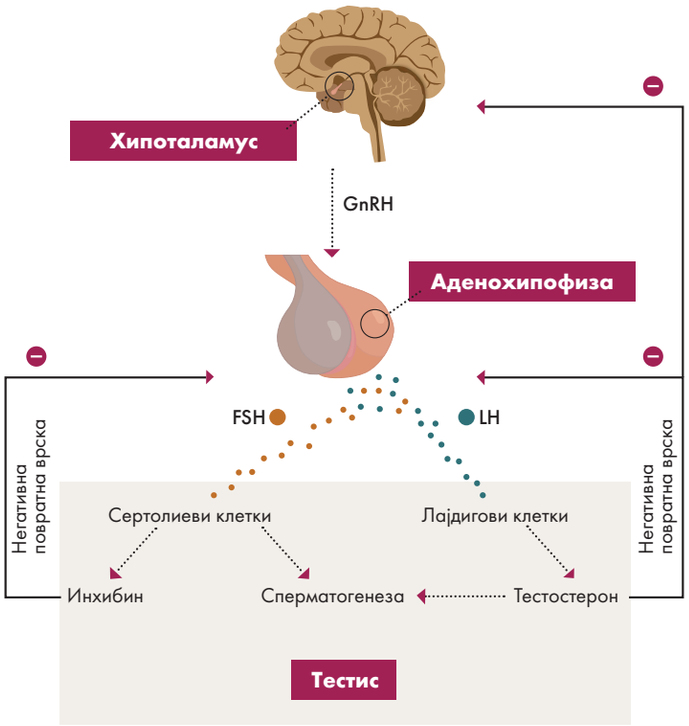
МАШКИ ПОЛОВИ ХОРМОНИ

Репродукцијата е контролирана од функционалната активност на оската хипоталамус-хипофиза-тестиси. Активноста на семениците е регулирана од хипофизарните гонадотропини хормони, т.е. **фоликулостимилирачкиот хормон (FSH)** и **лутеинизирачкиот хормон (LH)**. FSH ја стимулира продукцијата на сперматиозоиди во семините каналчиња преку процесот на сперматогенеза. Продукцијата на сперматиозоиди се одвива во текот на целиот живот кај мажот, сè додека има доволно висока концентрација на тестостерон. Лутеинизирачкиот хормон (LH) ја стимулира секрецијата на половиот хормон тестостерон [слика 7.9].

Активноста на семениците е регулирана од **фоликулостимилирачкиот хормон (FSH)** и **лутеинизирачкиот хормон (LH)**.

Лачењето на овие хипофизарни гонадотропни хормони е под влијание на **гонадотропниот ослободувачки хормон (GnRH)**, кој потекнува од хипоталамусот [слика 7.9]. Тоа се остварува преку негативна повратна врска помеѓу хипоталамусот и хипофизата, односно концентрација на хормоните од хипоталамусот и хипофизата. Имено, при зголемена концентрација на тестостерон во крвта, настанува инхибиција на секрецијата на GnRH, по што следи намалена секреција на LH од хипофизата. При намалување на концентрацијата на тестостерон во крвта, настануваат обратни процеси.

FSH и LH се излачуваат од хипофизата под влијание на **гонадотропниот ослободувачки хормон (GnRH)** по потекло од хипоталамусот.



Хормонот FSH ја стимулира продукцијата на сперматозоидите.

Хормонот LH ја стимулира секрецијата на тестостеронот.

Слика 7.9 →
Функционална активност на оската хипоталамус – хипофиза – тестиси.

Тестостеронот е главен андроген (машки полов хормон) кој се продуцира од тестисите.

Машките полови хормони се продуцираат во семениците (тестисите). **Тестостеронот** е главен андроген (машки полов хормон) кој се создава во тестисите. Неговата секреција започнува во тек на феталниот и ембрионалниот период, а во пубертетот лачењето се зголемува. Секрецијата на тестостеронот се одвива до крајот на животот, но се намалува после четириесеттата година од животот на мажот.

Присуството на тестостерон кај мажите е показател за манифестирање на сите примарни и секундарни полови карактеристики кај мажот [табела 7.2].

Табела 7.2 Примарни и секундарни машки полови карактеристики.

Машки полови карактеристики	
Примарни	**Секундарни**
• Формирање на машки полови клетки - сперматогенеза • Спуштање на семениците во скротумот • Раст, развој и функција на машките полови органи	• Специфична конструкција на телото (широки раменици, тесни колкови) • Поголема мускулна маса • Специфичен распоред на влакна на лицето (брада, мустаќи) и на други делови од телото • Поинтензивен метаболизам • Длабок глас и развиено Адамово јаболко • Поголем број на еритроцити • Ќелавост

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Нарушување на функциите на семениците

Крипторхизам е поим за т.н. скриени тестиси (тестисите не се спуштени) или недоволно спуштени семеници во скротумот. Кај најголемиот број машки индивидуи тестисите самостојно се спуштаат во скротумите, во текот на првата година од животот. Меѓутоа кај 5 % од децата едниот тестис, ретко двата остануваат во карличната празнина. Ова



може да биде причина за појава на стерилитет, затоа што температурата во карличната празнина е повисока за околу 2 °C, од температурата во скротумот. Покачената температура ја нарушува нормалната клеточна и хормонска активност на тестисите. Затоа, семениците кои остануваат во карличната празнина најчесто закржлавуваат. Лекувањето на крипторхизмот се врши до 10 годишна возраст, со соодветна хормонска терапија или со хируршка интервенција.

Инфертилитет или неплодност е состојба на помала способност за репродукција. Најчеста причина е намалената продукција на сперматозоиди (олигоспермија). Причини за оваа состојба може да бидат дегенеративни промени во семените каналчиња поради изложеност на отрови, висока температура од прележана болест, некои вирусни заболувања, неисхранетост, инфекции или изложување на X-зраци.

Фимозата се јавува кај машките единки и претставува затегнување и неможност да се повлече наназад кожата на главата на пенисот. Тоа е причина за натрупување на изумрени клетки, нечистотии и бактерии, кои доведуваат до воспалителни процеси. Оваа кожичка се отстранува по хируршки пат од хигиенски или од религиозни причини.

ЖЕНСКИ РЕПРОДУКТИВЕН СИСТЕМ

Основна функција на женскиот репродуктивен систем е продукција на јајце-клетки и одвивање на оплодување (спојување на сперматозоид со јајце-клетка)

Женскиот репродуктивен систем е претставен од **органи** и **жлезди** кои имаат улога во создавање на женски гамети, нивното оплодување, како и вгнездување и исхрана на оплодената јајце-клетка. Тоа се: јајчници (јајници), јајцеводи, матка и родница. Сите овие структури, заедно со функцијата која ја извршуваат, прикажани се на табела 7.3, а истите шематски се претставени на слика 7.10.

Женскиот репродуктивен систем е претставен од внатрешни органи и жлезди: родница, матка, јајцеводи и јајчници и надворешните структури: вулва, претставена од големи и мали усни.

Надворешните структури на женскиот репродуктивен систем заедно се нарекуваат **вулва** (*vulva*), претставена од **големи** и **мали усни** (*labia major* и *labia minor*), кои претставуваат кожни и мукозни мембрани кои го покриваат и заштитуваат женскиот репродуктивен систем.

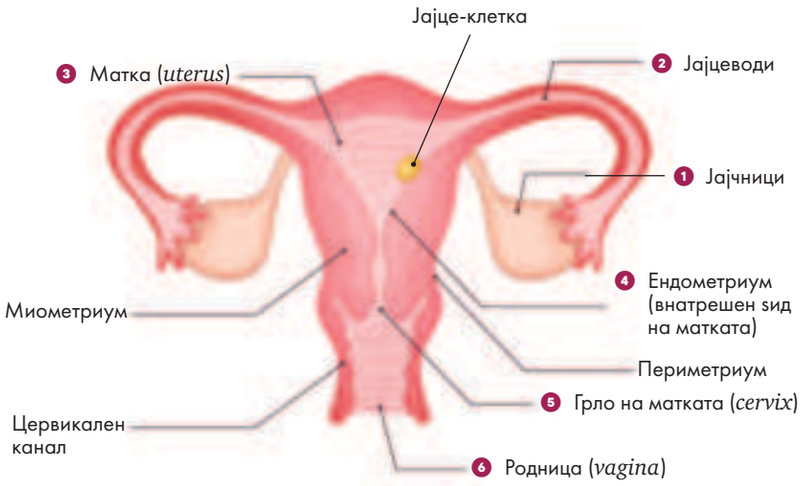
Внатрешните органи на женскиот репродуктивен систем се: **родница** (*vagina*), **матка** (*uterus*), **јајцеводи** (*tuba uterina*) и **јајчници** (*ovarium*).

Јајчниците учествуваат во продукција, развој и созревање на јајце-клетки, како и продукција на естроген и прогестерон.

Јајцеводите ги поврзуваат јајчниците со матката, во нив настанува оплодувањето на јајце-клетката.

Матката обезбедува имплантација на оплодената јајце-клетка.

Ендометриумот е внатрешен ѕид на матката, каде настанува имплантацијата на јајце-клетката и од овој дел се развива плацентата.



Слика 7.10 →
Женски репродуктивен систем.

Табела 7.3 Органи и жлезди од женскиот репродуктивен систем.

Женски репродуктивен систем - органи и жлезди		
1	**Јајчници** (*ovarium*)	• Продукција, развој и созревање на јајце-клетки • Продукција на естогени и прогестерон
2	**Јајцеводи** (*tuba uterina*)	• Ги поврзуваат овариумите со матката • Место каде што настанува оплодување на јајце-клетката
3	**Матка** (*uterus*)	• Обезбедува имплантација на оплодената јајце-клетка, нејзина заштита, обезбедување со хранливи материи и отстранување на крајните метаболити
4	**Ендометриум** (внатрешен ѕид на матката)	• Подготовка за имплантација на оплодената јајце-клетка • Делот од ендометриумот каде настанува имплатацијата се развива во плацента
5	**Грло на матката** (*cervix*)	• Мускулест отвор на матката • Се отвора при процес на породување
6	**Родница** (*vagina*)	• Го прифаќа пенисот за време на половиот однос • Заедно со грлото на матката го формираат родилниот канал



МЕСЕЧЕН (ОВАРИЈАЛЕН) ЦИКЛУС КАЈ ЖЕНАТА

Јајчниците (*ovarium*) се парни женски полови жлезди, сместени во карличната празнина, со големина и форма на бадем (3,5 cm во должина и 2 cm во дијаметар). Исто како и семениците, и тие имаат двојна улога: учествуваат во создавањето и созревањето на половите клетки и лачење на половите хормони (естрогени хормони).

Од пубертетот, па сè до петтата деценија, кај жената, во редовен временски интервал од просечно 28 дена (граници од 18 до 35 дена), настануваат циклични промени во овариумите, матката и другите полови органи. Овие промени се последица на сложено влијание на аденохипофизата и хормоните од овариумите.

Јајчниците се парни женски полови жлезди со двојна улога: создавање и созревање на јајце клетки (егзокрина улога) и лачење на полови хормони (ендокрина улога).

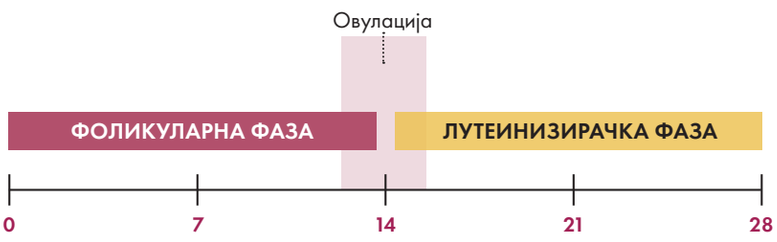
Промени во јајчниците и во матката

На ниво на овариумите и матката, овие месечни промени се поделни во две фази од по 14 дена [шема 7.1 и табела 7.4]: предовулаторна (фоликуларна) фаза и постовулаторна (лутеинизирачка) фаза.

Фоликуларната фаза трае 14 дена, од почетокот на менструацијата, преку формирање ооцит (по пат на оогенеза), па сè до појава на овулација (пукање на Графовиот фоликул).

Лутеинизирачката фаза започнува после овулацијата (по 14. ден) и опфаќа ендокрина активност на жолтото тело. Ако настане оплодување на јајце клетката во периодот на овулација, таа ќе премине во матката, се имплантира во неа и подложи на процес на ембриогенеза. Доколку не дојде до оплодување на јајце-клетката, таа се исфрла со менструацијата, а жолтото тело преминува во бело тело без ендокрина функција и истото набрзо пропаѓа.

На ниво на јајчниците и матката, месечните промени се поделни во две фази од по 14 дена: **предовулаторна (фоликуларна) фаза и постовулаторна (лутеинизирачка) фаза**.



Шема 7.1 →
Месечен циклус.

Табела 7.4. Промени во јајчниците и во матката за време на овариjалниот циклус кај жената.

Промени во јајчниците и во матката за време на овариjалниот циклус кај жената		
Фоликуларна фаза		
Денови	**Промени во овариумите**	**Промени во матката**
1-6 ден	Почеток на процесот на оогенеза и формирање на примордијални фоликули во јајчниците.	Фаза на регенерација. Лупење и отпаѓање на ендометриумот од матката (менструација), при што се губи од 50 до 200 ml крв. Почеток на нов циклус.
6-14 ден	Созревање на фоликулите во јајчниците.Еден од примордијалните фоликули расте (Графов фоликул), а околу јајце-клетката во Графовиот фоликул се образува празнина која се полни со течност.	Фаза на регенерација. Регенерирање и задебелување на ѕидот на ендометриумот на матката. Ендометриумот се збогатува со ендометријални жлезди кои создаваат резервни материи и се подготвува за можна бременост.
14 ден	Фоликулот е зрел и под притисок на фоликуларната течност пука, со што јаце-клетката се исфрла во карличната празнина во близина на јајцеводите (овулација).	Фаза на секреција започнува по овулацијата и трае до 28. ден од циклусот.
Лутенизирачка фаза		
	Формирање на жолто тело	**Задебелување на ѕидот на матката**
	• Ако машките полови клетки навлезат во репродуктивниот систем на жената, тогаш, во јајцеводот може до дојде до оплодување на јајце-клетката, со што се формира зигот. Оплодената јајце-клетка преминува во матката, се имплантира во неа и се развива во нов организам по 9 месеци. Одржувањето на бременоста во првите четири месеци е под влијание на хормонот прогестерон кој се лачи од жолтото тело (*corpus luteum*) во јајчникот, кој го поттикнуваат лачењето на ендометријалните жлезди од матката.	
	• Ако не настане оплодување, јајце-клетката се отстранува од организмот преку матката и вагината. Осмиот ден по овулацијата, Графовиот фоликул преминува во жолто тело, кое лачи прогестерон и мала количина на естрогени. Дванаесеттиот ден по овулацијата, жолтото тело се намалува, престанува со лачење на прогестерон и преминува во бело тело (*corpus albicans*) без ендокрина функција. Во наредниот период, белото тело пропаѓа.	

Овариjалниот циклус (промени на ниво на овариумите), во основа вклучува два меѓусебно поврзани процеса: фоликулогенеза (раст и развој на овариjалните фоликули) и оогенеза (продукција на женски гамети)

Создавање на јајце-клетка

Овариjалниот циклус (промени на ниво на овариумите), во основа вклучува два меѓусебно поврзани процеса: **фоликулогенеза** (раст и развој на овариjалните фоликули) и **оогенеза** (продукција на женски гамети) [слика 7.11 и 7.12]. Жената се раѓа со околу 400 000 женски гамети во нејзините овариуми. Овие гамети не се созреани и не можат да бидат оплодени. Тие остануваат во фазата означена како профаза 1, сè до настапување на пубертетот. Имено, само 1 % од вкупниот број на женските гамети можат да созреат од пубертетот, па сè до возрасна жена од околу 50 години. Сумарно, кај една жена може да се создадат околу 300 до 400 созреани јајце-клетки (по една месечно)



во текот на нејзиниот животен век. Создавањето на женски гамети, исто како и на машките гамети, настанува по пат на мејоза. За разлика од сперматозоидите (каде што од 4 функционални сперматозоиди потекнуваат од една клетка која подлежи на мејоза), *сите несозреани јајце-клетки подлежат на мејоза*, но остануваат во профаза I сè до пубертетот, кога половите хормони го стимулираат нивното созревање. Потоа, за време на пубертетот, на секои 28 дена, овие хормони сигнализираат за созревање на 10-20 несозреани клетки да влезат во мејоза. Сумарно, *само една јајце-клетка го завршува процесот мејоза I и се ослободува од јајникот*.

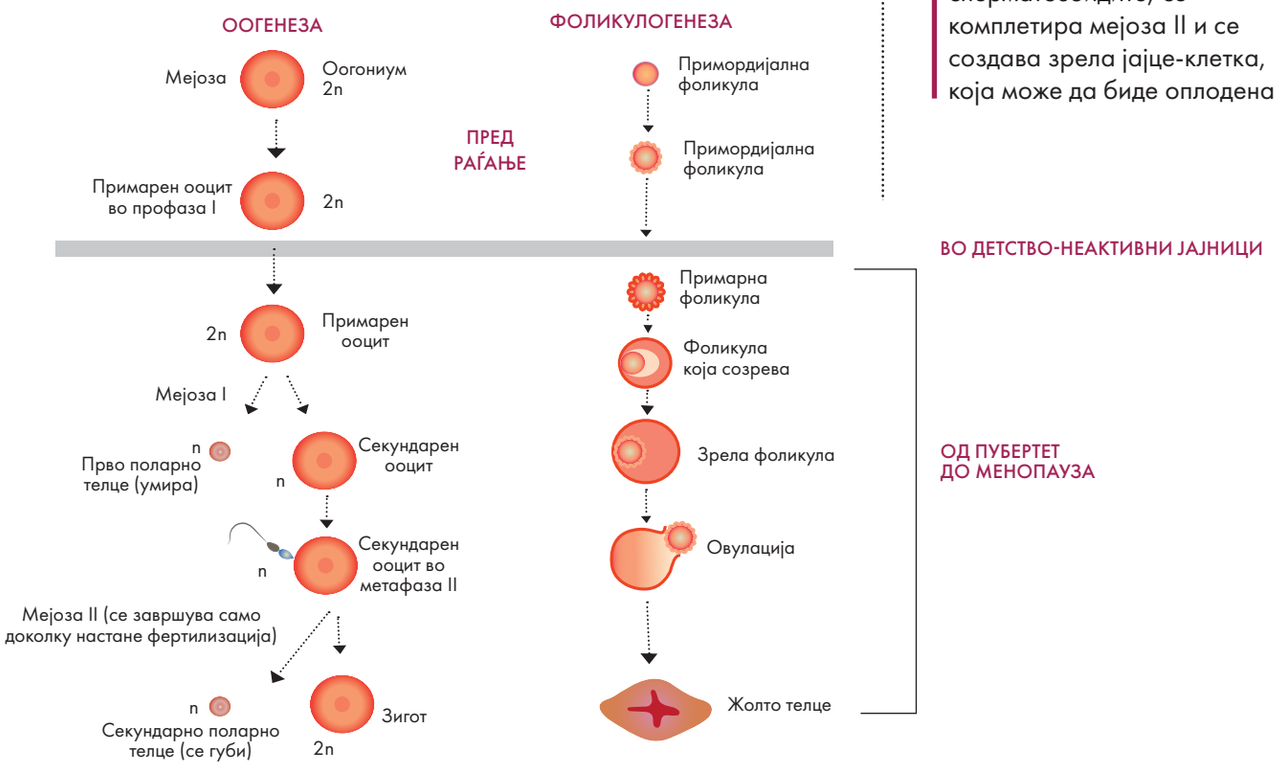
Со мејоза I се продуцираат **2 хаплоидни клетки**. Една од клетките ја прима скоро целата количина на цитоплазма и може да се развие во зрела јајце-клетка, додека другата клетка (прво поларно тело) пропаѓа. Ако јајце-клетката се оплоди со сперматозоид, таа ја завршува втората мејотичка делба, со што се создава зрела јајце-клетка и второ поларно тело. **Оплодената јајце-клетка** (*ovum*) ја задржува најголемата количина на цитоплазма која обезбедува храниви материи за раните фази од развојот. Второто поларно тело пропаѓа.

Сите несозреани јајце клетки остануваат во профаза I во мејоза I се до пубертетот.

Во пубертетот, несозреаните јајце клетки под дејство на половите хормони влегуваат во мејоза I, но остануваат во метафаза II се до оплодување.

Само една јајце-клетка го завршува процесот мејоза I и се ослободува од јајникот.

По пенетрација на сперматозоидите, се комплетира мејоза II и се создава зрела јајце-клетка, која може да биде оплодена.



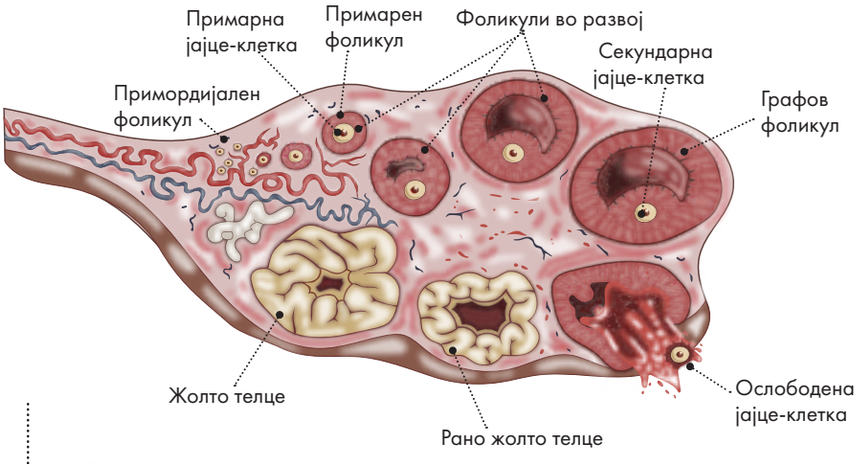
Слика 7.11 →
Фоликулогенеза и оогенеза во рамките на месечен циклус кај жената.

На крајот на оогенезата се добива една хаплоидна јајце-клетка, додека на крајот на сперматогенезата се добиваат 4 хаплоидни клетки (сперматозоиди).

Еднаш на секои 28 дена во еден секундарен ооцит се исфрла во абдоминалната празнина, каде што се прифаќа од трепките на **Фалопиевите туби** од јајцеводот. Можното оплодување на секундарниот ооцит настанува во јајцеводот, кој води кон **матката** (uterus).

Процесот на **оогенезата** се одвива во неколку последователни фази:

1. Со митоза се формира **оогонија**. Овој процес настанува пред раѓањето и пред појавата на пубертет.
2. Со митоза оогонијата преминува во **примарен ооцит**. Овој процес настанува со почетокот на пубертетот.
3. Со мејоза I настанува редукција на бројот на хромозмите и се создава **секундарен ооцит и прво поларно тело**.
4. Секундарниот ооцит е таа клетка која се исфрла од овариумите во процесот на овулација.
5. Доколку дојде до оплодување, секундарниот ооцит ја завршува втората мејотичка делба (мејоза II), и се создава **зрела јајце-клетка и второ поларно тело**.
6. Само секундарниот ооцит кој ќе биде оплоден се нарекува јајце-клетка. Спојувањето на јајце-клетката со сперматозоидот резултира со формирање на **зигот**.



Слика 7.12 →
Фоликулогенеза на ниво на еден овариум.

ОПЛОДУВАЊЕ И ВГНЕЗДУВАЊЕ (ИМПЛАНТАЦИЈА)

Еднаш на секои 28 дена, по еден секундарен ооцит се исфрла во абдоминалната празнина, каде што се прифаќа од трепките на **Фалопиевите туби од јајцеводот**. Можното оплодување на секундарниот ооцит настанува во јајцеводот кој води кон матката (*uterus*), која претставува мускулест орган. Доколку настане оплодување, оплодената јајце-клетка ќе се вгнези и ќе се развива во утерусот.



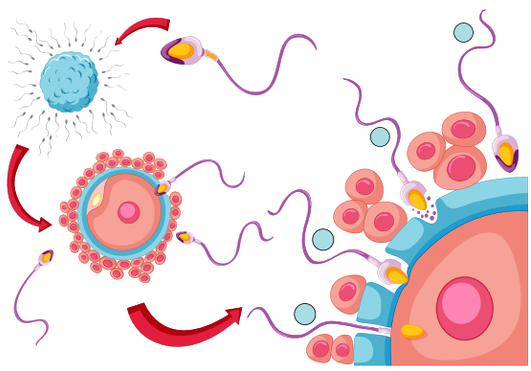
Долниот дел на матката се нарекува **грло на матката** (*cervix*), чиешто отворање е контролирано со мускулест сфинктер. Грлото на матката, кон надворешноста на телото, продолжува во **вагина**, која прима сперма од пенисот. Исто така, вагината е органот низ кој финално излегува бебето при породување на мајката.

Табела 7.5 Споредба на некои карактеристики на сперматозоидите со јајце-клетките.

Карактеристика	Сперматозоид	Јајце-клетка
Големина	Многу помал од јајце клетката	Многу поголема во споредба со сперматозоидот
Подвижност	Движење со опашката	Неподвижна
Продуциран број	Милиони сперматозоиди се продуцираат дневно	Една месечно (почнувајќи од пубертет до менопауза)

Во процесот на ејакулација се ослободуваат огромен број сперматозоиди во вагината на жената кои понатаму преку грлото на матката патуваат по јајцеводите до Фалопиевите туби, каде што настанува оплодувањето. Голем број сперматозоиди може да се прилепат за секундарниот ооцит, но, најчесто само еден сперматозиод може да пенетрира во ооцитот и тогаш настанува комплетирање на мејоза II [слика 7.13]. Потоа следи спојување на јадрото на јајце-клетката (n = 23) со јадрото на сперматозоидот (n = 23), при што се добива диплоидна клетка, наречена зигот (2n = 46).

Од овој период, потребни се 9 месеци за развој на новата единка - период кој е познат како бременост (гестација).



Слика 7.13 →
Неколку сперматозоиди ја опкружуваат јајце клетката, но само еден може да ја оплоди.

Оплодувањето настанува при спојување на машките и женските гамети, за време на овулацијата на жената (72 часа пред и 48 часа по овулацијата).

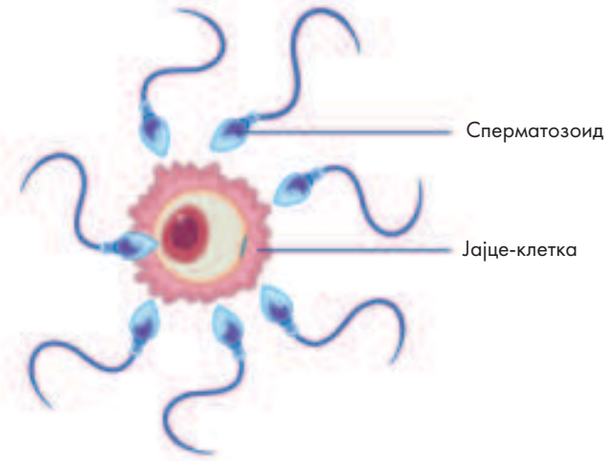
Оплодената јајце-клетка е околу 75 000 пати поголема од сперматозоидот и може да се види со голо око.

Со спојување на јадрото на јајце-клетката (n = 23) со јадрото на сперматозоидот (n = 23), при што се добива диплоидна клетка, наречена зигот (2n = 46). Од овој период, се потребни 9 месеци за развој на новата единка – период кој е познат како бременост (гестација).

Фазите низ кои минува зиготот се **морула** и **бластоциста**, кој финално се имплантира во матката.

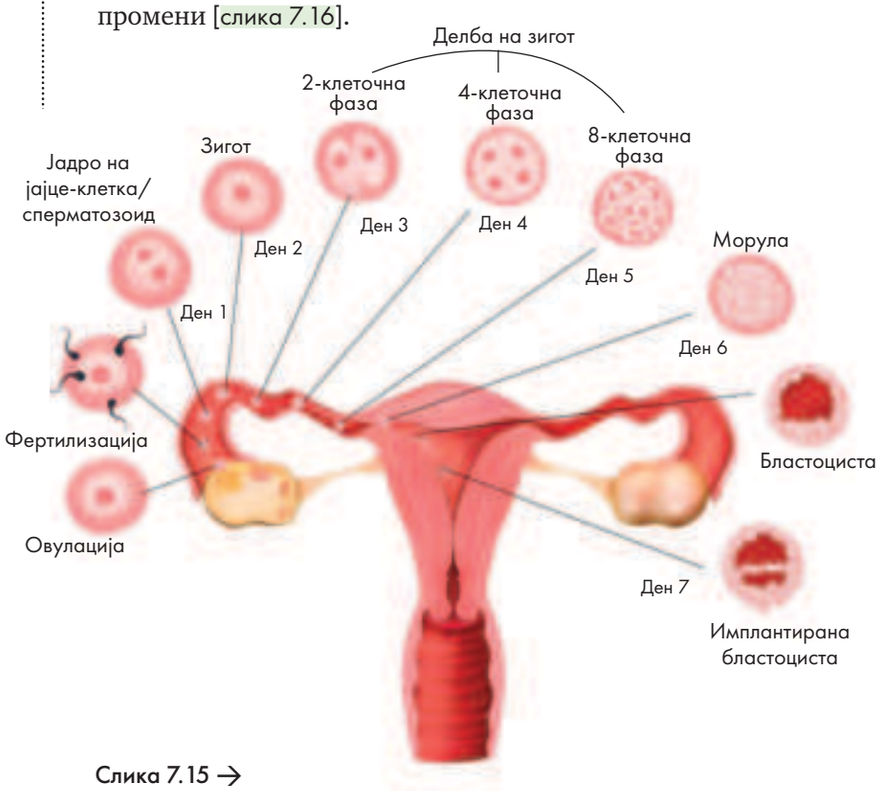
Бременоста започнува со вгнездување на бластоцитот во матката една недела по оплодувањето, а трае девет месеци.

Плацентата почнува да се создава околу две недели по оплодувањето. Мајката го исхранува ембрионот преку плацентата.



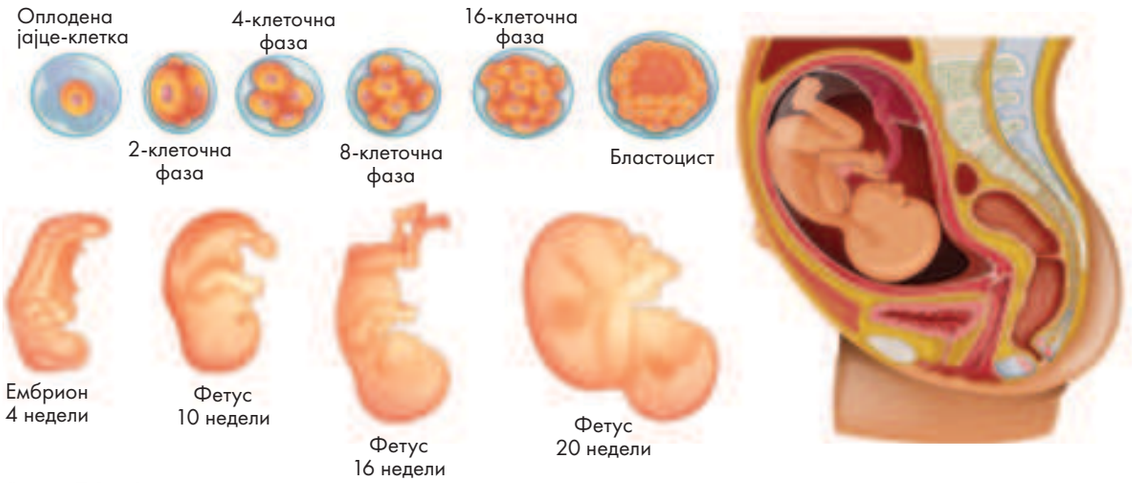
Слика 7.14 →
Оплодување на јајце клетка и сперматозиоди.

Веднаш по оплодувањето, додека е сè уште во Фалопиевите туби, зиготот започнува со серија на митотички делби, со што се зголемува бројот на клетки. Фазите низ кои минува зиготот [слика 7.15] се **морула** и **бластоциста (бластула)**. Бременоста започнува со **имплантирање** на бластоцистата во матката и тоа обично се случува околу една недела од оплодувањето. Бременоста (9 месеци) е поделена во три еднакви периоди (триместри), во тек на кои настануваат соодветни и специфични промени [слика 7.16].



Слика 7.15 →
Овулација, фертилизација и имплантација.





Слика 7.16 →
Развој на фетусот од зигот.

БРЕМЕНОСТ

Во првиот триместар од бременоста настануваат најевидентни промени во хуманиот развој. Развојната структура која се создава во првите 8 недели се нарекува **ембрион**. Најнапред сите клетки наликуваат една на друга, а потоа се развиваат три типа клетки кои формираат примарни герминативни слоеви, познати како **ектодерм, мезодерм** и **ендодерм**. Понатаму, од овие примарни герминативни слоеви се создаваат различни делови од телото. Во првиот триместар од бременоста исто така се создаваат и четири различни мембрани карактеристични за зиготот – *амнион*, *жолточна торбичка*, *алантоис* и *хорион* (наведени во табела 7.6).

Развојната структура која се создава во првите 8 недели се нарекува **ембрион**. Најнапред сите клетки наликуваат една на друга, а потоа се развиваат три типа клетки, кои формираат примарни герминативни слоеви, познати како **ектодерм, мезодерм** и **ендодерм**.

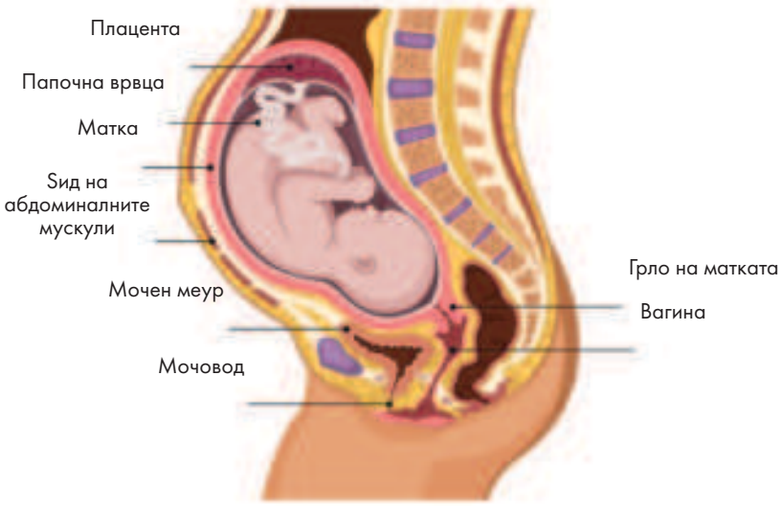
Табела 7.6 Ембрионални обвивки и нивна улога во развојот на ембрионот.

Ембрионални мембрани	Улога
Амнион и амнионска течност	Го опкружува ембрионот и го заштитува од повреди.
Жолточна торбичка	Создавање на првите крвни клетки.
Алантоис	Ја опкружува жолточната торбичка.
Хорион	Ги опкружува сите други мембрани. Создава хорионски вили кои навлегуваат во ѕидот на матката.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Од ектодермалниот слој на ембрионот најпрво се формира нервната цевка, од која понатаму ќе се развие централниот нервен систем, како и епидермисот со сите негови структури (жлезди и влакна).
Од мезодермалниот слој се формираат најголем број на ткива и органи (скелетно и мускулно ткиво, бубрезите и срцето).
Од ендодермалниот слој на ембрионот се диференцира целиот дигестивен систем (почнувајќи од усната празнина, па се до желудникот и цревата).

Заедно, ресичките на ѕидот на матката (хорионтски вили) и деловите од ѕидот на матката ја создаваат **плацентата** [слика 7.17]. Плацентата е структура која почнува да се создава околу две недели по фертилизацијата и преку неа мајката го храни ембрионот. Преку плацентата минуваат сите хранливи материи, гасови, микроорганизми, лекови, и токсини од мајката кон ембрионот. Ембрионот е поврзан со плацентата од мајката преку **папочни** (умбиликални) **артерии и вени.**



Слика 7.17 →
Папочна врвца и плацента.

Плацентата има и ендокрина улога, а тоа е секрецијата на хормон наречен **хуман хорионски гонадотропин (HCG)**, кој ја стимулира продукцијата на хормони од жолтото тело во текот на целата бременост. Продукцијата на естрогени и прогестерон за време на бременоста делува инхибиторно на секрецијата на FSH и LH, со што се спречува созревањето на нови фоликули.

Финално, по осмата недела од бременоста, па сè до раѓањето, новиот организам кој расте се нарекува **фетус**. Раѓањето настанува најчесто по 270 дена (38 недели) од оплодувањето.

Женски полови хормони

Женските полови хормони се продукт на ендокрината улога на овариумите и тоа на активноста на Графовите фоликули и на жолтото тело. Оваријалните фоликули секретираат група на естрогени хормони (естрадиол, естрон и естриол), додека продукт на секрецијата на жолтото тело е хормонот прогестерон.

Женските полови хормони се продукт на ендокрината улога на овариумите и тоа на активноста на Графовите фоликули и на жолтото тело. Оваријалните фоликули секретираат група на естрогени хормони (естрадиол, естрон и естриол), додека продукт на секрецијата на жолтото тело е хормонот прогестерон.

Оваријалните фоликули се изградени од ооцити и клетките кои ги опружуваат ооцитите.



Естрогените хормони се одговорни за манифестирање на сите примарни и секундарни полови карактеристика на жената [табела 7.7]. Најдоминантен естроген хормон кај жената е естрадиолот. Активноста на естрогените хормони е изразена за време на пубертетот, со започнување на првиот месечен циклус (менструација). Намалување на секрецијата на естрогени хормони настанува најчесто помеѓу 45-та и 50-та година од животот, кога настапува периодот на менопауза (климактериум).

Естрогените хормони најинтензивно се излачуваат за време на пубертетот со првиот месечен циклус.

Табела 7.7 Примарни и секундарни полови карактеристики кај жената

Женски полови карактеристики	
Примарни	**Секундарни**
• Формирање на женски полови клетки - оогенеза • Раст, развој и функција на женските полови органи	• Нежен костур (тесни раменици, широки колкови) • Слабо развиена мускулна маса • Мала и специфична влакнавост на телото • Понизок метаболизам • Тенок глас и отсуство на Адамово јаболко • Помал број на еритроцити • Развиени млечни жлезди

Климактериумот е период од животот кај жената кога престанува овулацијата и создавање на жолтото тело, односно доаѓа до престанок на појава на редовниот месечен циклус. Обично се јавува во период меѓу 46-52 годишна возраст. Со менопауза се означува времето на последното крвавење (месечен циклус). Причината за појава на менопаузата е природното намалување на функцијата на јајчниците. Со текот на времето, настанува атрофија на јајчниците, како и на другите репродуктивни органи.

Во **климактериумот** престанува редовниот месечен циклус кај жената. Причината за тоа е природното намалување на функцијата на јајчниците.

Кај жената во овој период се јавуваат извесни тешкотии како што се бранови на жештина, краткотрајна вртоглавица, нервна раздразливост, како и други психички проблеми. Хормонското лекување со естрогени се покажало како ефикасно, особено во спречување на придружните манифестации од дефицит на естрогените хормони, како што е остеопорозата или намалувањето на ризик од срцев инфаркт. Меѓутоа, констатирано е дека со подолга естрогена терапија се зголемува ризикот од канцерогени заболувања на матката.

Улога на хипофизата во регулација на ендокрината функција на овариумите

Ендокрината активност на овариумите, исто како и тестисите, е регулирана преку **хипоталамус - хипофизарен систем**, според принципот на *негативна повратна врска*.

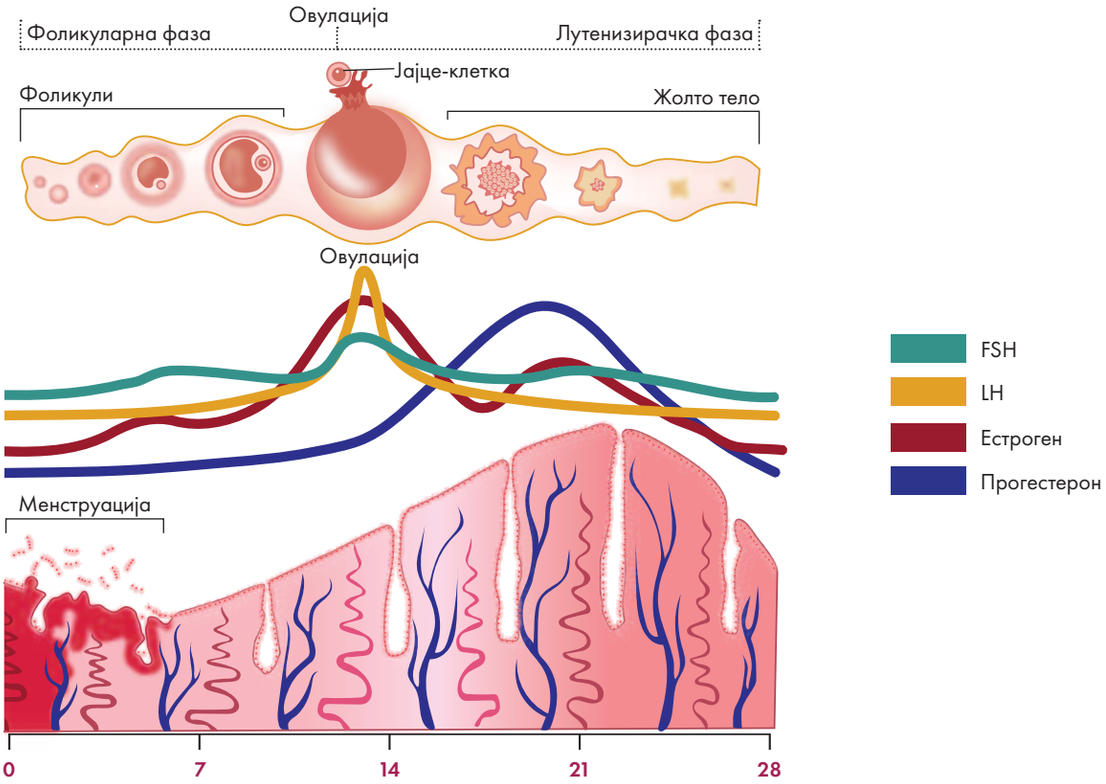
Хипоталамусот е одговорен за секреција на **гонадотропен - ослободувачки хормон (GnRH)**, кој по нервен пат врши стимулација на два хормона од аденохипофизата: **фоликулостимулирачки хормон (FSH)** и **лутеинизирачки хормон (LH)**.

Имено,

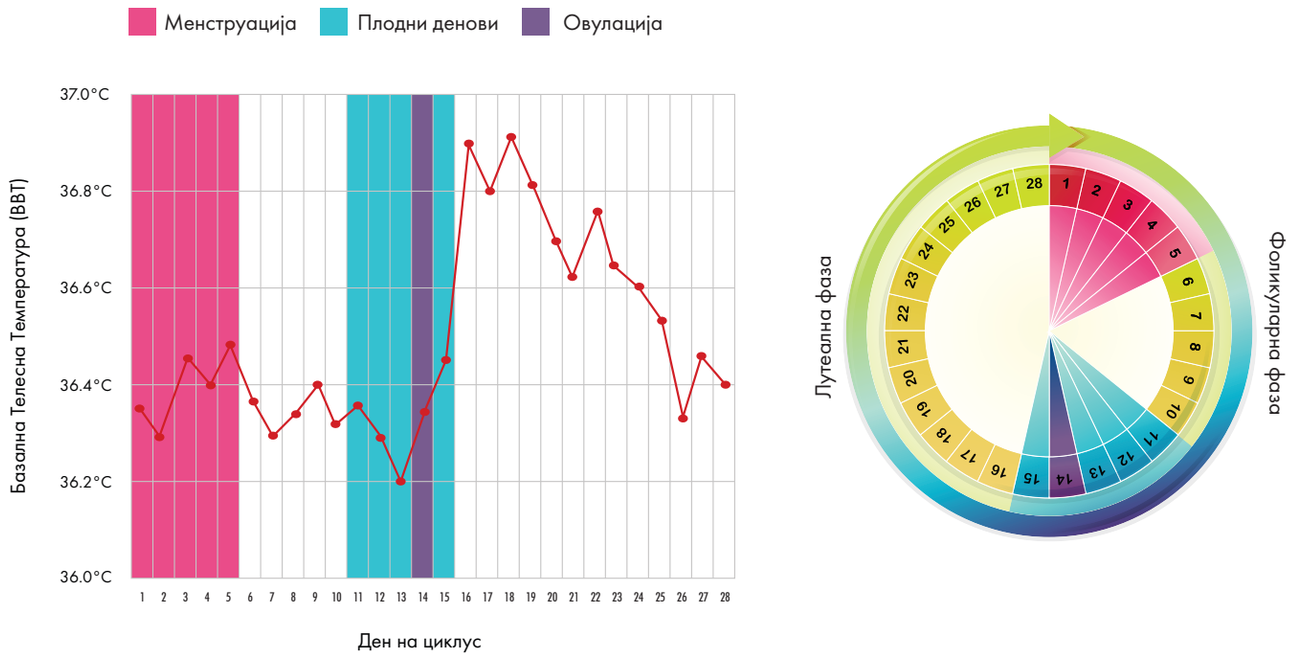
- во периодот на **фоликуларната фаза**, ниската концентрација на естрогени хормони во крвта го стимулира хипоталамусот да секретира GnRH.
- GnRH пак, ја симулира секрецијата на FSH и LH од аденохипофизата, кои преку циркулацијата доаѓаат до овариумите.
- Во овариумите, FSH го стимулира растот на терцијарниот (Графов) фоликул, а со тоа и созревањето на ооцитите.
- Со формирањето на фоликулот, а под влијание на LH од аденохипофизата, од клетките на Графовиот фоликул започнува и продукцијата на естрогени хормони.
- Кон средината на циклусот, зголеменото ниво на FSH, LH и естрогени хормони го овозможуваат процесот на **овулација** и излегување на секундарниот ооцит од јајчникот.
- Останатите клетки од фоликулот се развиваат во жолто тело (*corpus luteum*), а високата концентрација на LH во крвта влијае врз созревањето на жолтото тело.
- Жолтото тело е ендокрина структура која секретира прогестерон во **лутеинизирачката фаза** од циклусот.
- Во последните денови од циклусот, кога доаѓа до пропаѓање на жолтото тело и негово претворање во бело тело (*corpus albicans*), нивото на естрогени хормони и прогестерон во крвта рапидно се намалува.
- Според принципот на негативна повратна врска, намаленото ниво на FSH започнува да го стимулира хипоталамусот за ослободување на ново количество на GnRH, со што циклусот на реакции се повторува.

Регулацијата на ендокрината функција на овариумите во текот на месечниот циклус, шематски е прикажана на слика 7.18, додека промените во телесната температура во текот на месечниот циклус се прикажани на слика 7.19.





Слика 7.18 →
Промени во јајчниците, нивото на хормони во крвта и матката во текот на месечниот циклус.



Слика 7.19 →
Промени во базалната телесна температура во текот на месечниот циклус.

ПЛАНИРАЊЕ НА СЕМЕЈСТВОТО

Човекот, како и поголемиот број животни, има голема репродуктивна моќ. Затоа ризикот од непланирана бременост е многу голем и носи низа лични, социјални и медицински проблеми. Меѓутоа, насилниот метод на прекинување (абортус) е сè уште чест и најризичен начин за спречување на несаканата и непланирана бременост.

Денешните сознанија од медицинската практика говорат за бројни последици од насилно прекинување на бременоста, кои се поврзани со: долготрајно крвавење, нередовни и премногу чести менструации, воспалување на внатрешните полови органи кај жената. Една од најтешките последици е можниот ризик од траен стерилитет кај жената. Затоа, планирањето на семејството се јавува како нужна потреба. Планираната бременост и спречувањето на неочекуваната бременост со неагресивни (хуманизирани) методи овозможуваат и зголемување на еротското чувство (љубов без страв). Преку планирање на семејството, кое е основна клетка на општеството, се реализира и правото на детето по неговото раѓање, да биде сакано, да живее и расте во благосостојба, опкружено со љубов и грижа од двата родителa.

Планирањето на семејството не е новост на денешницата и не се јавило со појавата на антибеби таблетите. Денес, постојат повеќе или помалку успешни начини за заштита од бременост, а ние ќе наведеме некои од нив.

Планирањето на семејството не е новост на денешницата и не се јавило со појавата на антибеби таблетите. Денес, постојат повеќе или помалку успешни начини за заштита од бременост:

- **Заштита без користење заштитни средства** – coitus interruptus, Кнаус-Огинов метод, температурен метод;
- **Механичка заштита** – за мажите е презервативот (кондом), додека за жените тоа се дијафрагмата и спиралата;
- **Хемиска заштита** – разни пенливи таблети, пени, кремови, аеросоли и други, кои се внесуваат во вагината пред половиот акт;
- **Биолошко-хормонска заштита** – хормонска контрацепција, односно антибеби таблети;
- **Вештачки стерилитет** – постапка со која се предизвикува траен стерилитет, во која се зачувува способноста за полов живот.

Заштита без користење заштитни средства

Постојат повеќе методи за заштита од непланирана бременост:

- Една од најстарите методи за заштита се состои во **прекинување на половиот акт** (*coitus interruptus*). Овој метод е доста несигурен, затоа што пред ејакулацијата се ослободуваат извесен број сперматозоиди преку мочоводот;
- **Кнаус-Огиновиот метод** е најчесто применуван. Се базира врз утврдување на плодните денови во месечниот циклус, кои изнесуваат ±4 дена од овулацијата. Тоа значи дека кај месечен циклус кој трае 28 дена, се зема 14. ден, од почетокот на менструацијата, односно средината на циклусот, кога треба да се избегнува половиот однос. Овој метод не е сосема безбеден, бидејќи менструалниот циклус не изнесува секогаш 28 дена. Врз процесот на овулацијата влијаат бројни надворешни и внатрешни фактори (стресот, температурата, промена на климата и др.), кои може да доведат до поместување на овулацијата.



- **Температурниот метод** се базира врз дејството на половите хормони кои влијаат врз промената на телесната температура, за време на месечниот циклус. Со мерење на утринската базална температура (во усна празнина) забележано е дека, во првата половина на циклусот таа е пониска за 0,2-0,3 °C (хипотермна фаза), а е повисока во втората фаза од циклусот ±4 дена од овулацијата. Преку овој метод се утврдуваат плодните денови во циклусот.

Механичка заштита

Тоа е контрацептивен метод кој има за цел спречување на навлегување на сперматозоидите во матката. Механичко заштитно средство за мажите е **презервативот** (кондом), додека за жените тоа се **дијафрагмата** и **спиралата**. За обете заштитни средства кај жената, потребни се консултации со гинеколог кој треба да ја определи големината на дијафрагмата или да ја постави спиралата во матката. Спиралата е заштитно средство кое може да се користи подолго време.

Хемиска заштита

Овој тип на заштита се темели врз спермицидното дејство на различни хемиски материи (лимонска, млечна киселина, или цинк сулфат, калиум перманганат и др.), кои ги уништуваат сперматозоидите. Како хемиски заштитни препарати се користат разни пенливи таблети, пени, кремови, аеросоли и други, кои се внесуваат во вагината пред половиот акт.

Биолошко-хормонска заштита

Хормонската контрацепција или популарно наречени антибеби таблети се средства со хормонска основа кои имаат за цел кај жената да предизвикаат привремена неплодност, која не доведува до траен стерилитет. Тоа се најчесто 21-22 таблети кои се земаат секојдневно (во текот на еден менструален циклус). Хормонската заштита влијае врз менструалниот циклус на два начина: преку блокирање на врската хипоталамус-хипофиза, со што се спречува овулацијата или преку формирање на густ секрет кој го предизвикува пропаѓањето на јајце-клетката и сперматозоидот.

Вештачки стерилитет

Стерилизацијата е постапка со која се предизвикува траен стерилитет, во која се зачувува способноста за полов живот. По правило, се применува по периодот на оптимална репродукција (над 35 години), по желба на поединецот или во некои држави како мерка за контрола на наталитетот. Стерилизацијата

може да се изврши кај двата пола. Кај мажите се извршува со подврзување на семеводите (вазектомија), додека кај жените со подврзување или одвојување на јајцеводите.

Методи на *in vitro* оплодување

Природното оплодување кај човекот може да биде спречено поради одредени морфолошки или физиолошки проблеми на репродуктивниот систем кај едниот или другиот родител. Во такви случаи се применува асистирано (вештачко, одноно in vitro или вонтелесно) оплодување. Терминот *in vitro* фертилизација значи дека оплодувањето се одвива надвор од организмот, во лабораторски услови, или поконкретно оплодување во епрувета-IVF (In vitro fertilization). Покрај оваа техника, почесто користена е интрацитоплазматско инјектирање на само еден сперматозоид-ICSI (Intra Cytoplasmic Sperm Injection) методата која претставува оплодување на јајце-клетката со микро инјектирање на сперматозоид.

На самиот процес на вештачко оплодување претходи хормонска стимулација на жената (со FSH и LH), со што кај неа би се поттикнале процеси на овулација на една или повеќе јајце клетки. Созреаните јајце клетки се колекционираат со специјални техники и во соодветни лабораториски садови. Издвоените јајце клетките се чуваат во инкубатор во соодветен хранлив медиум. Потоа на јајце клетките им се додава претходно колекционирана сперма од таткото односно следи лабораториско оплодување. Доколку дојде до успешно оплодување на јајце клетката, истата се сместува во матката (утерусот) на мајката, за да продолжи да се развива.

Интересен податок

Првото вештачко оплодување на жена со техниката IVF е направено во 1978 година, додека примената на ICSI техниката датира од 1992 година. Постапките за оплодување се слични во двете методи. Единствена разлика е што при ICSI методата, за оплодување на една јајце-клетка е потребен само еден сперматозоид, додека за класичната IVF инсеминација се потребни 50 000 до 100 000 сперматозоиди.

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Полови заболувања и превенција

Половите органи се лесно подложни на бактериски, вирусни или габични инфекции. Голем број од инфекциите не се задржуваат само на половите органи, туку се шират и врз другите органи во организмот. Особено, женскиот репродуктивен систем е поподложен на инфективни заболувања. Истите може да бидат причина за развиток на тумор на половите органи, или може да доведат до предвремено породување или да го зголемат степенот на смртност кај новороденчињата.

Инфекциите на половите органи ги предизвикуваат најразлични микроорганизми во гениталните органи, кај двата пола. Се манифестираат со болки во мочоводот и појава на воспалителни инфекции. Проширувањето на инфекциите може да доведе и до стерилитет. Една од



покарактеристичните инфекции ја предизвикува бактеријата *Chlamydia trachomatis*, која се лекува кај двата партнера. Новороденчињата од заразени мајки имаат појава на инфекции на очите и белите дробови.

При леукореја (бело прање) се јавува бескрвен вагинален секрет што го продуцираат жлездите на матката.

Најчесто половите болести се преносливи (заразни). Се шират преку полов контакт и се познати под поимот полово или сексуално преносливи болести. Од нив класични полово-венерични болести се сифилисот и гонорејата (трипер) кои се со најтешки последици.

Сифилисот го предизвикува бактеријата *Spiroheta*, која по полов пат навлегува низ најмалите оштетувања на слузокожата. Може да се пренесе со контакт на заразени возрасни индивидуи, како и од заразена мајка на плодот уште во матката. Предизвикувачот може да ги нападне сите ткива и органи. Првите видливи симптоми се јавуваат по 3-4 недели. Болеста може да трае со години или до крајот на животот.

Гонорејата ја предизвикува бактерија гонокок (*Neisseria gonorrhoeae*) која ја зафаќа слузокожата на органите. Подоцна се проширува и на внатрешните органи од репродуктивниот систем. Тоа е најчеста полова болест која се пренесува при полов контакт и поретко преку интимни контакти. Кај жените предизвикува стерилитет. Гонорејата може да се пренесе и на новороденчето за време на породувањето.

Трихомонијазата ја предизвикува паразитот трихомонас (*Trichomonas vaginalis*). Мошне е честа во периодот на најголемата полова активност на човекот (20 до 40-годишна возраст). Инфекцијата се пренесува преку полови контакти, како и преку користење на нечист прибор за интимна хигиена.

Една од половите болести е и **половиот (генитален) херпес**. Предизвикувач е вирусот сличен на оној кој го предизвикува херпесот на усната празнина (*Herpes simplex*). По заразата вирусот со години опстојува во мозочните ганглии и нервите.

ХИВ - хуман имунодефициентен вирус, кој ја предизвикува сидата е полово пренослива болест, позната од 80-тите години на 20-ти век. Тој го напаѓа имунолошкиот систем на организмот. Се пренесува при полов контакт. Меѓутоа, овој вирус може да се пренесе и со: трансфузија, користење на веќе искористена игла за инјектирање или ист прибор за бричење, преку ситни ранички, при породување или доење на детето. По инфекцијата со ХИВ, не се забележуваат видливи симптоми, но болниот (ХИВ+) може да ја пренесе заразата на други индивидуи. Овој период може да трае и повеќе од десет години, по што може да се манифестира болеста. Последиците од болеста не се предизвикани од ХИВ- вирусот туку од неспособноста на организмот да се бори против другите инфекции на кои е изложен. Врз ширењето на болеста најмногу влијае честото менување на партнери (промискуитет), проституцијата, миграцијата на луѓе, особено кај оние кои живеат во лоши социјални и хигиенски услови. Со оглед на тоа дека сè уште нема ефикасен и специфичен лек против сидата, најдобра заштита засега претставува користењето на презерватив и добивање на добра и навремена информација.

Сево ова говори за потребата од редовно одржување на хигиената и нега на половите органи кај двата пола. Стекнувањето на навиките за одржување на личната хигиена се формираат во раната возраст кај децата и таа треба да се однесува на постојана, секојдневна хигиена и на половите органи. Кај женскиот пол, особено внимание на хигиена треба да се посвети во текот на менструацијата, бременоста и по породувањето. Секако, најдобра заштита е и добивање на целосна и точна информација за познавањето на полово преносливите болести и последиците од нив.

Кратка содржина

БЕСПОЛОВО И ПОЛОВО РАЗМНОЖУВАЊЕ

- Размножување е процес со кој се создаваат нови единки, со што се овозможува опстанок на еден вид организам.
- Бесполово или асексуално размонжување како наједноставна форма на размножување е присутно кај прокариотски и некои еукариотски организми. При оваа форма на размножување не настанува промена во бројот на хромозомите и фузија на гаметите. Новосоздадената единка го наследува наследниот материјал од единствениот родител и затоа новата единка е идентична со родителот.
- Кај растенијата, вегетативното размножување е форма на бесполово размножување при што од еден дел на родителското растение се создава ново растение.
- Половото размножување се одвива со соединување на две полови клетки (гамети), кои поседуваат хаплоиден број на хромозоми. Создавањето и созревањето на половите клетки се одвива со процесот на гаметогенеза. При тоа, процесот на создавање на машките полови клетки е сперматогенеза, додека процесот на создавање на женските полови клетки е оогенеза. Создавањето на половите клетки се одвива со мејоза, како клеточна делба при која се создаваат клетки со хаплоиден број на хромозоми.

МАШКИ РЕПРОДУКТИВЕН СИСТЕМ

- Машкиот репродуктивен систем се состои од тестиси, епидидимуси, семени канали, мочен канал и пенис.
- Тестисите се сместени во скротум, надвор од телото, каде што температурата е пониска од телесната температура, што овозможува нормален развој на сперматозоидите.
- Сперматозоидите се создаваат во семенифернитe тубули на тестисите. Со мејозата се редуцира бројот на хромозоми во еден сперматозоид на вкупно 23.
- Созреаниот сперматозоид е изграден од глава, која содржи јадро и хромозоми; тело, кое содржи митохондрии; опашка, која има флагелум.
- Тестостеронот се создава од Лајдиговите клетки од тестисите и е одговорен за сперматогенезата, примарните и секундарните машки полови карактеристики.
- Постои негативна повратна врска хипоталамус-хипофиза-тестиси во регулацијата на секрецијата на тестостеронот.
- Сперматозоидите го минуваат следниот пат при излегување надвор од телото: семинифернитe тубули на тестисот – епидидимус – vas deferens – мочен канал.
- Различни ендокрини жлезди со своите секрети, заедно со сперматозоидите, ја сочинуваат спермата како телесна течност.

ЖЕНСКИ РЕПРОДУКТИВЕН СИСТЕМ

- Женскиот репродуктивен систем е изграден од овариуми, Фалопиеви туби, матка, грло на матката, вагина, мали и големи усни.
- Јајце-клетките се создаваат во јајчниците. Со мејоза се редуцира бројот на хромозоми во една јајце-клетка на вкупно 23. Јајце-клетката е околу 75 000 пати поголема од сперматозоидот.
- Почнувајќи од пубертетот, овариjалниот и менстуалниот циклус се појавуваат најчесто на секои 28 дена.
- Оваријалниот циклус се состои од 3 фази: фоликуларна фаза, овулација и лутеинизирачка фаза.
- Во фоликуларната фаза доаѓа до раст и развој на фоликулот под влијание на FSH од аденохипофизата. Естрогените хормони продуцирани од фоликулот се одговорни за развојот и созревањето на јајце-клетката, како и за задебелување на матката.
- Овулацијата настанува во средина на циклусот, кога под влијание на LH доаѓа до пукање на фоликулот и ослободување на јајце-клетката.

- Во лутеинизирачката фаза, од фоликулот се создава жолто тело. Жолтото тело продуцира прогестерон, кој понатаму го стимулира задебелувањето на ѕидот на матката и развојот на ендометријалните жлезди.
- Менструацијата настанува на крај на менструалниот циклус, кога жолтото тело престанува да секретира хормони.

ОПЛОДУВАЊЕ

- Оплодувањето настанува во Фалопиевите туби од јајцеводот. Бременоста започнува кога бластоцистата се имплантира во ѕидот на матката.
- Во текот на ембрионалниот развиток се создаваат три герминативни слоеви: ектодерм, мезодерм и ендодерм. Исто така, во текот на ембрионалниот развој се создаваат четири мембрани: амнион, жолточна кеса(или торбичка - види погоре, сугестија), алантоис и хорион.
- Плацентата е орган преку кој, по пат на дифузија, се пренесуваат гасови, хранливи материи и крајни метаболички продукти помеѓу мајката и фетусот.
- Во првите осум недели од бременоста, создадената развојна структура се нарекува зигот. Од осмата недела, па сè до раѓањето, развојната структура се нарекува фетус.
- Алкохол, никотин и други токсини или лекови дејствуваат негативно на развојот на фетусот. За време на раѓањето, контракцијата на матката, помогната од окситоцин од неврохипофизата, го притиска бебето да излезе од организмот на мајката преку вагината.
- Методи за заштита од непланирана бременост: заштита без користење заштитни средства, механичка заштита, хемиска заштита, биолошко хормноска заштита и вештачки стерилитет.

ПРОВЕРЕТЕ ГО ВАШЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Објаснете зошто тестисите се сместени во скротуми (надвор од телото, а не внатре во телото на мажите)?
2. Објаснете го процесот на созревање на сперматозоидите?
3. Која е функцијата на семените каналчиња (vas deferens)?
4. Кои жлезди од машкиот репродуктивен систем продуцираат течности кои заедно со сперматозиоидите ја формираат спермата?
5. Која е улогата на FSH, а која улогата на LH во регулацијата на функцијата на машкиот репродуктивен систем?
6. Која е функцијата на матката?
7. Која е сличноста, а која разликата помеѓу јајце-клетката и сперматозиодите?
8. Која е улогата на FSH, а која улогата на LH во регулацијата на функцијата на женскиот репродуктивен систем?
9. Која е улогата на жолтото тело?
10. Како се создава зигот?
11. Што е процес на имплантација?
12. Што може да се случи ако две или повеќе јајце-клетки созреат и се ослободат од овариумот во исто време?
13. Кои машки и женски репродуктивни органи се меѓусебно слични по функција?
14. Зошто зиготот во развојна фаза-бластоциста може да се имплантира во матката, а не на друго место?



8 Координација и реакции

Во ова поглавје ќе учите за

- Градба, функција и поделба на нервниот систем
- Создавање и спроведување на нервен импулс
- Видови рецептори и сетилни органи
- Градба и функција на моторна единица и рефлекси
- Ендокрин систем, ендокрини жлезди и нивни хормони
- Поврзаност на нервниот и ендокриниот систем
- Терморегулација како хомеостатски механизам

Воспоставувањето и одржувањето на хомеостаза подразбира контрола и регулација на сите процеси што се одвиваат во еден организам. Контролата и регулацијата на сите процеси во нормални физиолошки граници, а со тоа и функцијата на органските системи, односно организмот, се остварува преку основните регулаторни системи – **нервниот систем и ендокриниот систем.**

Нервниот систем ја регулира и координира работата на органските системи и е одговорен за создавање на брзи реакции на дразби од внатрешната и надворешната средина преку биоелектрична и хемиска стимулација.

Ендокриниот систем го регулира функционирањето на другите органски системи преку секреција на хормони, но за разлика од нервниот, одговорите при одредена дразба се многу побавни и се одвиваат за подолг временски период.

И покрај тоа што овие два система имаат различен механизам на дејство, тие се меѓусебно поврзани и синхронизирани во нивната работа.

За успешна координација на реакциите во човековото тело, од голема важност се структурите и органите кои примаат дразба од надворешна средина и внатрешноста на организмот, а тоа се **рецептори** и **сетилни органи**. Сетилниот (сензорен) систем служи за заштита на организмот преку детекција на информации, како од надворешниот свет, така и од внатрешната средина и истите се пренесуваат до нервниот систем кој поттикнува одредена реакција.

Нервниот и ендокриниот систем учествуваат во контрола и регулација на сите органски системи, со што имаат улога во воспоставување на хомеостазата во организмот.

НЕРВЕН СИСТЕМ

Нервниот систем е единствен во однос на функционалната сложеност која се однесува на мисловните процеси и контролните активности кои може да ги извршува овој систем. До овој регулаторен систем пристигнуваат бројни информации кои се обработуваат и интегрираат (обединуваат) и потоа се испраќаат соодветени одговори до органските системи. Поконкретно, нервниот систем е вклучен во примање дразби од средината која нè опкружува и создавање одговори на истите. Според тоа, нервниот систем може да се подели на региони кои се одговорни за примање на дразба **(сензорни функции)** и региони за одговор на тие дразби **(моторни функции)**. Поврзувањето на сензорните и моторните функции настанува во интегративните или асоцијативните региони од нервниот систем **(асоцијативна функција)**. Процесот на интеграција се остварува со сетилни перцепции и повисоки когнитивни функции (сеќавања, учење, емоции), кои учествуваат во создавање на одговорот.

Нервниот систем го сочинуваат два дела: централен нервен систем и периферен нервен систем.

Поделба на нервниот систем

Нервниот систем опфаќа централен дел и периферен дел [слика 8.1]:

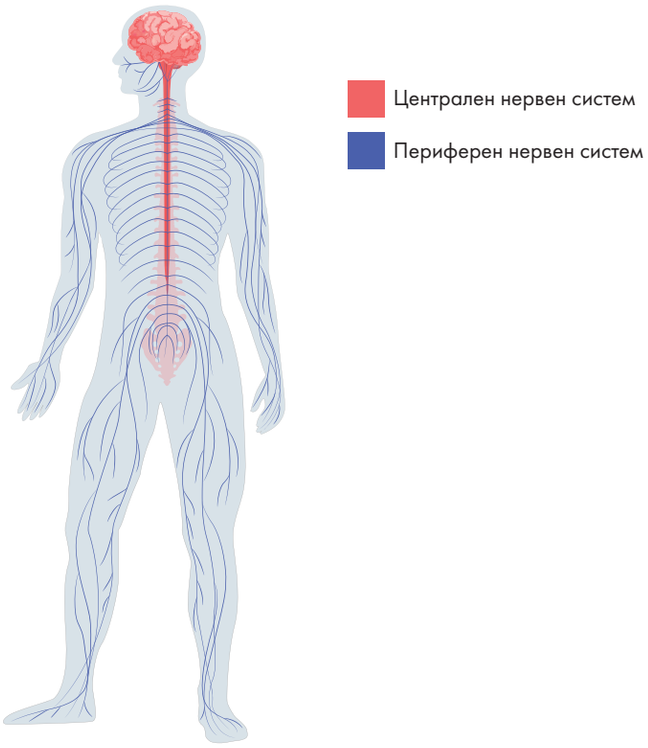
1. **Централниот нервен систем (ЦНС)** се состои од ‘рбетен и черепен мозок. Основната функција на ЦНС е интеграција и обработка (процесирање) на информациите.
2. **Периферниот нервен систем (ПНС)** го сочинуваат сите нерви кои испраќаат дразби до черепниот или ‘рбетниот мозок и ганглиите (сензорни нерви) и нерви преку кои се испраќаат одговори од ЦНС (најчесто моторни нерви).

Во централниот нервен систем влегуваат ‘рбетниот и черепниот мозок.

Периферниот нервен систем е составен од:

- ганглии;
- нерви кои пренесуваат нервни импулси до ЦНС;
- нерви кои пренесуваат нервни импулси од ЦНС до сите органи.





Слика 8.1 →
Поделба на нервниот систем.

Сензорните информации доаѓаат до ЦНС преку **аферентни** (сензорни, „качувачки“) **неврони** (нервни клетки). Откако ќе се обработи (процесира) информацијата, одговорите на дразбата патуваат кон мускулите или жлездите преку **еферентни** (моторни, „слегувачки“) **неврони**. Во зависност од начинот на регулирање на ефекторите, еферентниот дел од ПНС се состои од компоненти:

1. **соматски нервен систем**
2. **автономен (вегетативен) нервен систем** [слика 8.2]**.**

Периферниот нервен систем се состои од соматски и автономен (вегетативен) нервен систем.

Соматскиот нервен систем е дел од ПНС кој ги контролира и усогласува функциите на скелетните мускули, поврзани со свесните (волевите) физиолошки процеси (движење, трчање, пишување, пеење, цртање и др.). Овој дел е претставен со 12 пара главени (кранијални) нерви и 31 пар ‘рбетни (спинални) нерви.

Соматскиот нервен систем е одговорен за свесните (волевите) физиолошки процеси, додека автономниот нервен систем е одговорен за несвесните (неволевите) активности.

Автономниот нервен систем е изграден од вегетативни ганглии и нерви. Се нарекува и вегетативен, затоа што ги регулира и координира неволевите (несвесни) активности на виталните органи и органски системи (работа на срце, дишење и многу други).



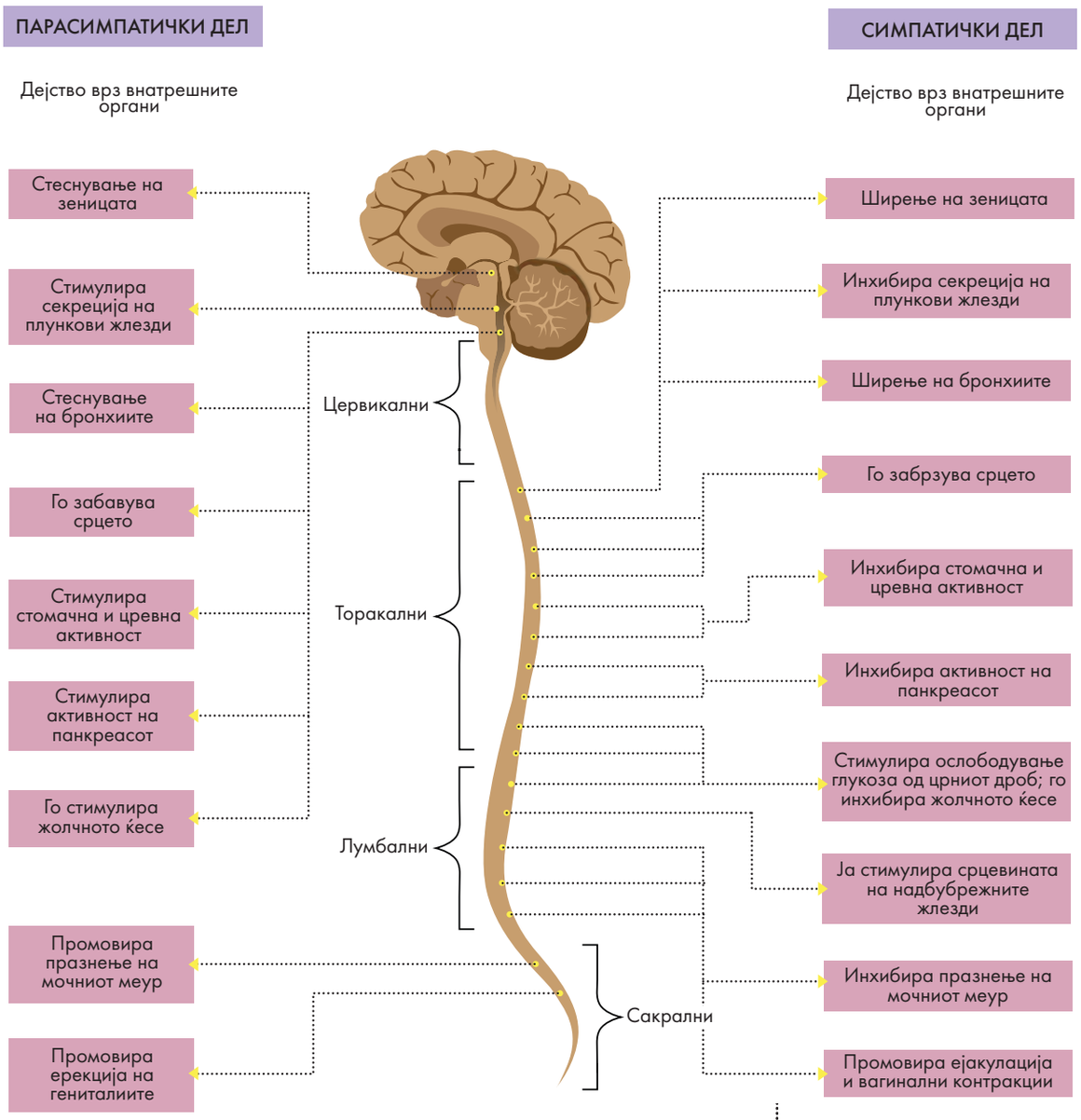
Слика 8.2 →
Поделба на периферен нервен систем.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Моторните невроните од соматскиот нервен систем пренесуваат сигнали кон скелетните мускули. Моторната контрола може да биде волева, на пример кога ја подигаш раката за да поставиш прашање, или неволева, на пример пателарен рефлекс (рефлексното „клоцање") контролирано од 'рбетниот мозок. За разлика од тоа, контролата на мазната мускулатура и срцевиот мускул е регулирана од страна на автономниот нервен систем, која генерално е неволева активност.

Поради особено значајната улога во регулирање на функцијата на внатрешните органи, автономниот нервен систем дополнително е поделен на: **симпатички и парасимпатички дел.** Иако поделени, двата дела од автономниот нервен систем се обединуваат и учествуваат во регулацијата на сите ткива, органи и органски системи во организмот на човекот. Механизмот на регулација е антагонистички. На пример, активацијата на парасимпатикус доведува до намалена работа на срцето, додека при активација на симпатикус се предизвикува зголемена срцева работа [слика 8.3].





Слика 8.3 →
Механизам на регулација на автономен нервен систем.

Градба и функција на неврон

Нервните клетки или невроните се основни единици во градбата на нервниот систем, кои се одговорни за спроведување на нервните импулси низ човековото тело. Способноста на невронот да прима и пренесува информации се должи на неговата специјализирана градба [слика 8.4].

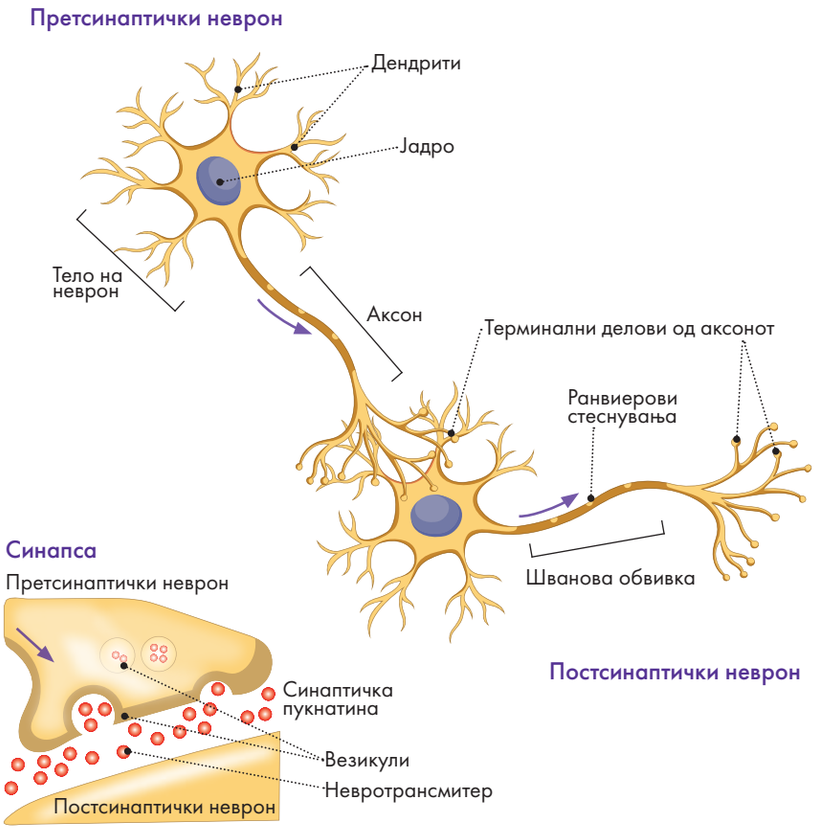
Клетките на нервниот систем се наречени **неврони**. Тие се изградени од три дела:

- **тело** на нервната клетка;
- **дендрити** (куси продолжетоци);
- **аксон** (долг продолжеток) или нервно влакно.

Синапсата претставува физиолошко поврзување меѓу две мембрани. Синапсата се состои од:

- **Претсинаптичко нервно влакно** кое содржи невротрансмитери, митохондрии и други клеточни органели.
- **Синаптичка пукнатина** која е широка околу 20 nm и го претставува просторот помеѓу претсинаптичкиот и постсинаптичкиот крај.
- **Постсинаптичко нервно влакно** кое содржи рецептори за невротрансмитерите.

Пренесувањето на нервниот импулс од еден на друг неврон преку синапсата се одвива со помош на хемиски гласник - **невротрансмитер**.



Слика 8.4 →
Градба на неврон. Стрелките ја означуваат насоката на движење на нервниот импулс.

Во **телото на невронот** се локализирани најголем дел од клеточните органели и јадрото. Најчесто од телото на невронот се разгрануваат куси продолжетоци наречени **дендрити**. Дендритите заедно со телото на невронот ги примаат информациите од другите неврони. Од телото на невронот излегува и долг продолжеток наречен **аксон**, кој ги пренесува сигналите до другите неврони. Аксоните се обвиткани со т.н. **Шванова обвивка** која наизменично се стеснува и формира стеснувања именувани како **Ранвиерови стеснувања**.

Кај некои неврони, клетките на Швановата обвивка создаваат **липидна материја - миелин**. Невроните кои содржат миелинска обвивка се нарекуваат *миелински и по боја се бели*, додека *амиелинските неврони кај кои отсуствува миелинската обвивка се сиви* и содржат само Шванова обвивка.

На крајот, аксонот завршува со разгранувања преку чии краеви се пренесува дразбата до друг неврон (терминален дел од аксонот). Аксонот на еден неврон и дендритот на друг неврон се поврзуваат физиолошки (краевите не се допираат физички)



преку **синапса**. Делот од аксонските гранчиња кој учествува во синапсата содржи меурчиња (везикули) кои ослободуваат хемиски материи - **невротрансмитери**. Невротрансмитерите (хемиски гласници) овозможуваат пренесување на нервниот импулс преку синапсата (синаптичката празнина или пукнатина), на еден или повеќе дендрити, од соседните нервни клетки. [слика 8.4]. Најкарактеристични невротрансмитери се *адреналинот и ацетилхолинот*. Кога ја опишуваме синапсата, невронот кој ја испраќа информацијата се нарекува *пресинаптички неврон*, а невронот која ја прима информацијата се нарекува *постсинаптички неврон*.

При исполнување на својата функција, често пати невроните имаат потреба од т.н. клетки помошнички или **глија клетки**. Овие клетки обезбедуваат соодветна исхрана и заштита на невроните. Глија клетките се разликуваат од невроните: немаат аксони, не спроведуваат нервни импулси и имаат способност за делба.

Типови неврони

Пренесување на дразбите (импулсите) и информациите од страна на нервниот систем се одвива во три фази: *влез и пренесување* по сензорен пат, *обработка и интеграција* и *пренесување на одговор и излез* најчесто по моторен пат. Во зависност од фазата, пренесувањето на дразбите се изведува од:

1. **Сензорни неврони** кои пренесуваат нервни импулси од рецепторите (клетки, органи) при детекција на промена од надворешна средина (пр. допир) или од внатрешната средина (пр. зголемен крвен притисок);
2. **Интерневрони** се нервни клетки кои ги поврзуваат сензорните и моторните неврони (поврзувачка улога) и вршат анализа и интерпретација на сензорните информации (интеграциска улога);
3. **Моторни неврони** кои пренесуваат нервни импулси до ефекторните органи. Интерневроните се сместени во ЦНС, додека сензитивните и моторните неврони се дел од ПНС.

Во зависност од улогата, невроните имаат и специфична градба [слика 8. 5]. Интерневроните примаат импулси преку голем број синапси поради присуство на многу разгранети дендрити, додека моторните неврони кои пренесуваат информации до целните клетки имаат многу разгранети краеви на аксонот.

Во организмот на човекот постојат билиони неврони кои се класифицирани во три главни групи:

- сензорни неврони;
- моторни неврони;
- интерневрони.



Слика 8.5 →
Различни типови на неврони (со црвено се означени аксоните, додека со црно се означени дендритите и телото на невронот).

Спроведување импулси и создавање на акциски потенцијал

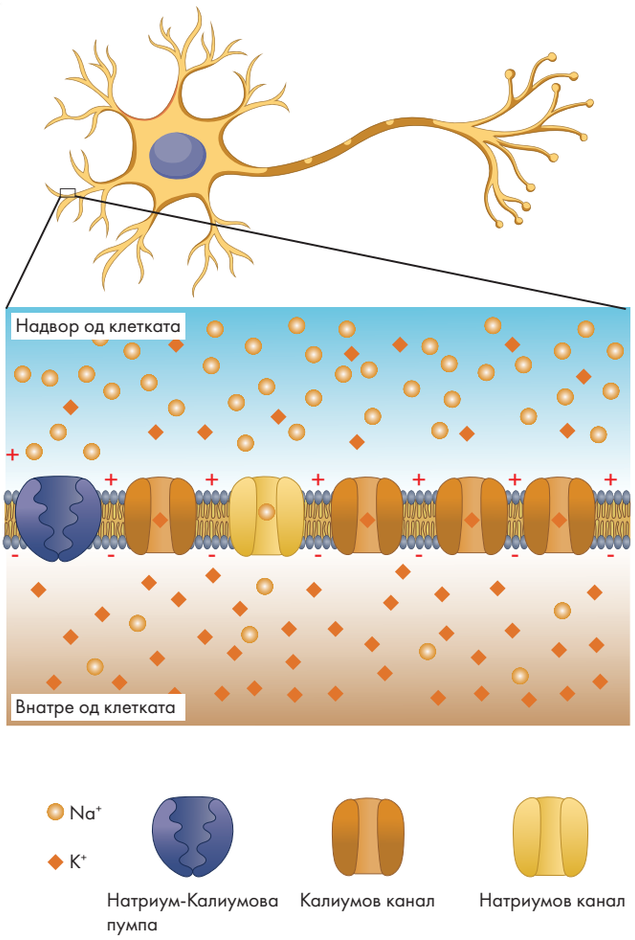
Внатрешноста на нервната клетка е негативно наелектризирана во однос на нејзиниот надворешен дел. Оваа разлика во полнежот се нарекува мембрански потенцијал.

Слично како и кај други клетки, во спроведувањето на нервните импулси клучна улога има разликата во концентрацијата и распределеноста на јоните помеѓу внатрешноста и надворешноста на нервната клетка [слика 8. 6]. Всушност, овие јони се распределени во тенок слој по должината на клеточната мембрана. Како резултат на тоа, интрацелуларниот дел околу мембраната е негативно наелектризиран, додека екстрацелуларниот дел од мембраната е позитивно наелектризиран. Оваа разлика во полнежот (волтажа) се нарекува **мембрански потенцијал**. Волтажната разлика на мембраната се должи на разликата на концентрациите на **калиумовите** (K^+) и **натриумовите** (Na^+), како и на други јони во цитоплазмата и екстрацелуларната течност.

Најзначајна улога во одржување на мембранскиот потенцијал имаат јоните на натриум и калиум.

Кога нервната клетка е во мирување, нејзината мембрана е непропустлива за јоните на натриумот.

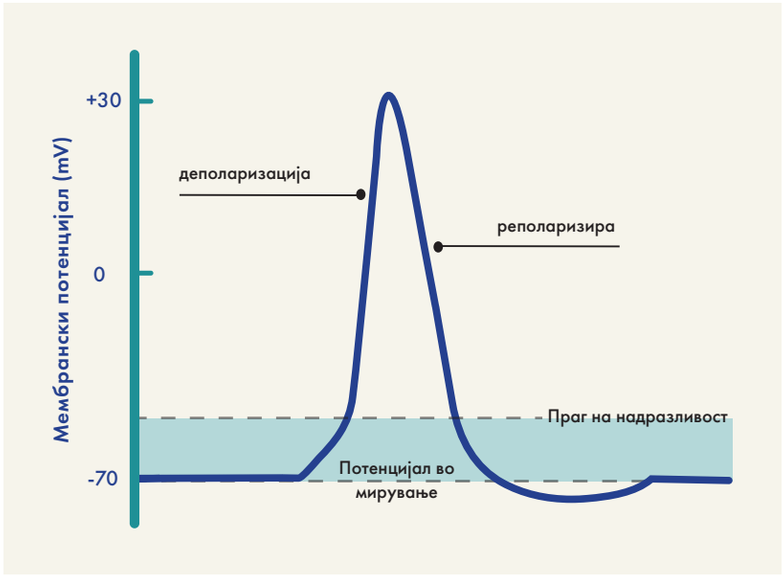
Мембраната станува пропустлива за натриумовите јони кога нервната клетка ќе прими дразба. Тогаш јоните влегуваат во клетката.



Слика 8.6 →
Распределба на јоните внатре и надвор од нервната клетка. Причина за постоење на мембрански потенцијал.



Во услови на мирување, мембраната е непропустлива за влез на натриумовите јони и незначително пропустлива за излез на калиумовите јони. Според тоа, кај неврон кој е во мирување (не испраќа сигнали), мембранскиот потенцијал изнесува **помеѓу -60 и -80 миливолти (mV)**. Кога невронот добива стимул, мембранскиот потенцијал се менува и оваа промена е позната како **акциски потенцијал**. Имено, мембраната станува пропустлива за јоните на натриумот кои во огромни количини навлегуваат во цитоплазмата. На тој начин, мембраната станува позитивна одвнатре, а негативна однадвор т.е се случува **деполаризација на мембраната**. Деполаризацијата како бран (нервен импулс) се движи долж аксонот на нервната клетка. Со завршувањето на нервната стимулација, мембраната на клетката се **реполаризира**, односно се затвораат натриумовите канали, а паралелно се зголемува пропусливоста на мембраната за K^+. На тој начин мембраната повторно станува поларизирана односно се враќа во состојба на мирување [слика 8.7].

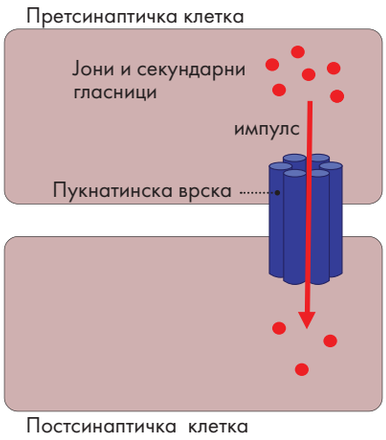


Слика 8.7 →
Графички приказ на акциски потенцијал (деполаризација и реполаризација)

Со стимулација на невронот се зголемува потенцијалот на мембраната и таа се деполаризира. Оваа потенцијална разлика што се создава во мембраната на невронот се нарекува **акциски потенцијал** – потенцијал на дејствување.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Ширењето на акцискиот потенцијал по должината на нервното влакно се одвива според принципот на „сé или ништо". Тоа значи дека ако дразбата е доволно голема ќе се прошири во сите правци по должината на целата мембрана или ако дразбата не е доволно силна, воопшто нема да се создаде акциски потенцијал.
Ширењето на акцискиот потенцијал кај немиелизираните аксони се одвива континуирано и поспоро, а кај миелинизираните аксони се одвива по пат на „скоковит пренос" меѓу две соседни Ранвиерови стеснувања кој е многу побрз. После спроведувањето на еден акциски потенцијал, нервното влакно извесно време е ненадразливо или тешко раздразливо.



Слика 8.8 →
Шематски приказ на електрична синапса.

Синапсите може да бидат електрични или хемиски.

Калциумот има клучна улога во ослободувањето на невротрансмитери во синаптичката празнина.

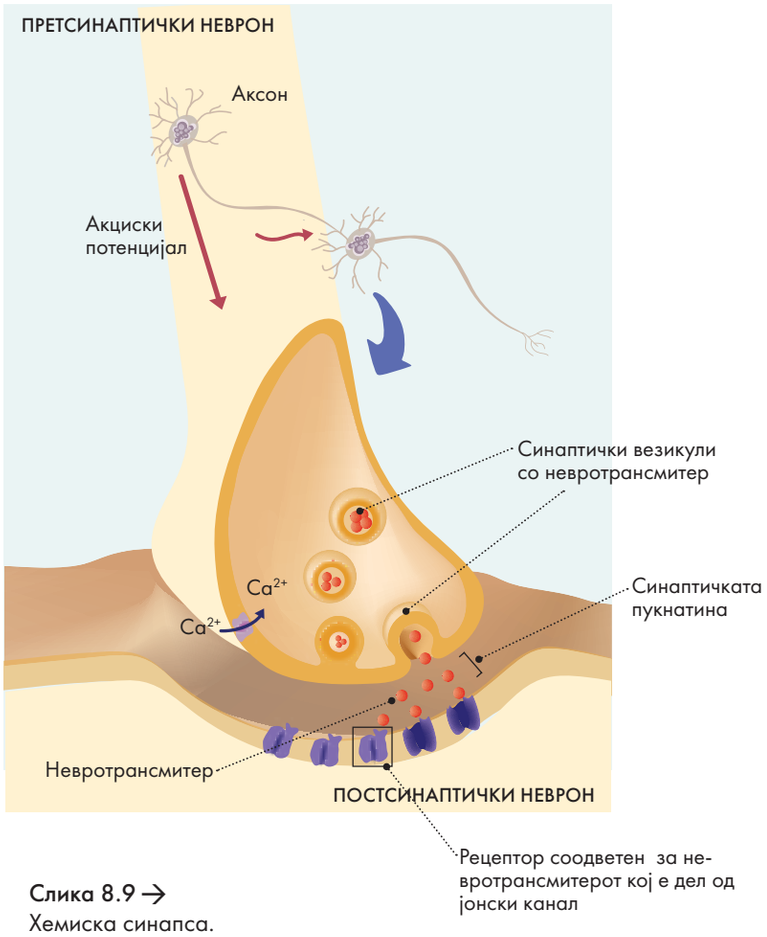
Невротрансмитерот се врзува за рецептор на постсинатичката мембрана и предизвикува нејзина деполаризација. На тој начин нервниот импулс се пренесува од една во друга клетка.

Синапса - врска помеѓу два неврона

Откако научи како се спроведува импулсот низ невронот и што е акциски потенцијал, може подетално да го разбереш функционирањето на синапсата. Синапсите можат да бидат *електрични* или *хемиски*.

Електричните синапси содржат пукнатински врски или *„gap junctions“* [слика 8. 8] кои овозможуваат импулсот (биострујата) да тече директно од еден неврон до друг. Овој вид на синапси се наоѓаат во срцето и мозокот.

Поголемиот дел од синапсите се **хемиски синапси** [слика 8.9] кои ослободуваат невротрансмитер од страна на претсинаптичкиот неврон за пренос на информации до целната клетка. Претсинаптичкиот неврон го синтетизира невротрансмитерот додека е во мирување и го пакува во везикули кои се движат кон синаптичкиот крај од аксонот. Кога ќе се постигне акциски потенцијал кој е доволно голем за да предизвика деполаризација на мембраната, доаѓа до отворање на каналите за калциум Ca^{2+}



Слика 8.9 →
Хемиска синапса.



(чие отворање е зависно од напонските промени). Со тоа започнува дифузија на Ca^{2+} во претсинаптичкиот неврон. Концентрацијата на Ca^{2+} во терминалниот дел од аксонот се зголемува и предизвикува спојување на синаптичките везикули со претсинаптичката мембрана и со тоа се ослободува невротрансмитерот во синаптичката празнина.

Невротрансмитерот дифундира[1] низ синаптичката пукнатина и кога ќе пристигне до постсинаптичката мембрана се врзува со специфичен рецептор на истата. Овој рецептор најчесто е јонски канал[2] кој се отвора по сврзување со лиганд[3] (лигандот во овој случај е невротрансмитерот). Врзувањето со невротрансмитерот овозможува дифузија на јони низ постсинаптичката мембрана, со што таа се деполаризира. На тој начин нервниот импулс се пренесува од една на друга нервна клетка. Откако ќе се спроведе нервниот импулс, хемиската синапса треба да се врати во првобитната состојба на мирување. Клучиот чекор во оваа фаза е **деактивација на невротрансмитерите** во синаптичката празнина. Најчесто невротрансмитерите се деактивираат со нивна **ензимска хидролиза**[4].

Функционирање на нервниот систем

Како што беше напоменато на почетокот на оваа тема, нервниот систем ги регистрира и контролира промените од надворешната и внатрешната средина. Врската се остварува преку приемници за нервни импулси - рецептори. Рецепторите се влез за информации во нервниот систем, распоредени во сите ткива и органи. Преку сензорните неврони се поврзани со нервните центри во ЦНС, каде што секоја информација се анализира, и се испраќа соодветен одговор до ефектори (мускул, орган, ендокрина жлезда). Сево ова укажува дека нервниот систем преку својот периферен и централен дел учествува во поврзувањето на рецепторите со ефекторите.

[1]Дифузија

Физички процес со кој молекулите се движат од области со поголема кон области со помала концентрација.

[2]Јонски канал

Протеин на клеточната мембрана кој образува пора или канал низ кој се спроведуваат јони.

[3]Лиганд

Молекула или јон кој кога ќе се поврзе со некоја биомолекула (најчесто протеин-рецептор) предизвикува биолошки промени.

[4]Хидролиза

Хемиска реакција во која една молекула се дели на два или повеќе делови во присуство на вода. Реакциите на хидролиза во биолошките системи се остваруваат преку активноста на ензимите.

РЕЦЕПТОРИ

Рецепторите се приемници на дразби. Можат да бидат слободни нервни завршетоци, специјализирани нервни клетки или да бидат групирани во сетилни органи (око, уво).

Во зависност од местоположбата, рецепторите се поделени на:

- **интрацелуларни рецептори** (во внатрешноста на клетката – цитоплазма или јадро) и
- **рецептори на површината на клетката** (во плазматската мембрана).

Во зависност од видот на дразбата која ја примаат, се разликуваат:

- хеморецептори;
- механорецептори;
- терморецептори;
- фоторецептори;
- рецептори за болка.

Сите сензорни процеси започнуваат со стимули или **дразби** кои треба да се пренесат до ЦНС. Приемниците на дразбите се специјализирани клетки - **рецептори** или органи - **сетилни органи**. Рецепторите можат да примаат дразби од внатрешноста на телото (пример, дразбите предизвикани од промена на крвен притисок) или од надворешната средина (пример, топлина, светлина).

Сите видови рецептори се карактеризираат со неколку заеднички особености:

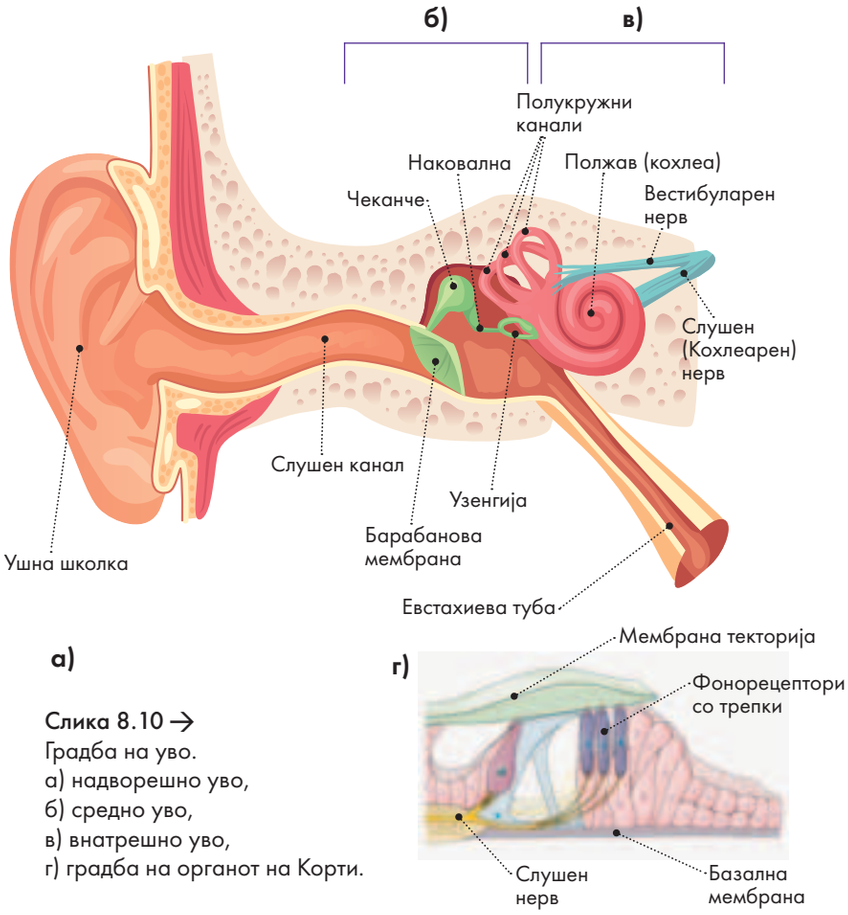
- *способност за примање на одреден вид стимул (дразба)* кој се нарекува адекватна дразба (светлина е адекватна дразба за фоторецептор, притисок е адекватна дразба за механорецептор);
- *степеност на надразливост* е различен за секој вид рецептор, а се определува преку праг на дразба (најмал интензитет на дразбата која за најкратко време може да го надразни рецепторот);
- *способност да се определи интензитетот и квалитетот на нервната стимулација* (сетило за слух да определи разлика во јачина на звук на шепот и нормален говор) и
- *способност на некои рецептори за адаптација на интензитет на дразбата* со зголемување на прагот на дразба (чувствуваме допир од облеката кога ја облекуваме, но, во текот на денот не ги регистрираме тактилните дразби - допирот од облеката).

Според природата на дразбите кои ги детектираат и спроведуваат, рецепторите се класифицираат во пет категории: **хеморецептори, терморецептори, фоторецептори, механорецептори и рецептори за болка.**

Сетило за слух

Сетилото за слух содржи механорецептори наречени фонорецептори кои примаат механичка дразба во вид на звучни бранови. На сликата 8.10, претставена е градбата на сетилото за слух - увото, на која може да го следите патот на движењето на звучните бранови, од надворешното, преку средното до внатрешното уво. Во внатрешното уво се наоѓа органот на **Корти**, во кој се сместени **фонорецепторите** (рецептори за звук).





Слика 8.10 →
Градба на уво.
а) надворешно уво,
б) средно уво,
в) внатрешно уво,
г) градба на органот на Корти.

1. Слушната школка ги прифаќа и насочува звучните бранови во надворешниот слушен канал; слушниот канал завршува со барабанова мембрана (позната како тапанче), која трепери (вибрира) под дејство на звучните бранувања;
2. Треперењата на барабановата мембрана се пренесуваат преку систем од лостови, на трите слушни ковчиња: чеканче (*malleus*), наковална (*incus*) и узенгија (*stapes*). Тие се поместуваат, со што на крајот узенгијата ги пренесува вибрациите преку овалното окно (отвор за влез на звучните бранови во слушиот полжав);
3. Звучните вибрации се пренесуваат врз перилимфата во полжавот од внатрешното уво; вибрациите од перилимфата се предаваат на ендолимфата од слушниот полжав. Во него, на базалната мембрана е сместен Кортиевиот орган кој ги содржи фонорецепторите.
4. Рецепторите на површината се снабдени со трепки, кои како резултат на треперењето на базалната мембрана се допираат до мембраната текторија (*membrana taectoria*), со што истите се надразнуваат. Дразбата понатаму се пренесува преку слушниот нерв до слушниот центар во кој се создава осетот за звучна дразба.

Сетилото за слух е изградено од три дела:

- **надворешно уво** (ушна школка, ушен канали и барабанова мембрана);
- **средно уво** (три слушни ковчиња: maleus, incus, stapes);
- **внатрешно уво** (слушен полжав во кој е сместен Кортиевиот орган, во кој се наоѓаат рецепторите за слух – фонорецептори).

Во сетилот за слух се наоѓа и слушен нерв.

Преносот на звукот низ увото се одвива во три фази: звучниот сигнал се пренесува низ надворешното уво, пренесување на звучните вибрации до средното уво и прием и спроведување на звучните вибрации во внатрешното уво и пренос до слушниот нерв.

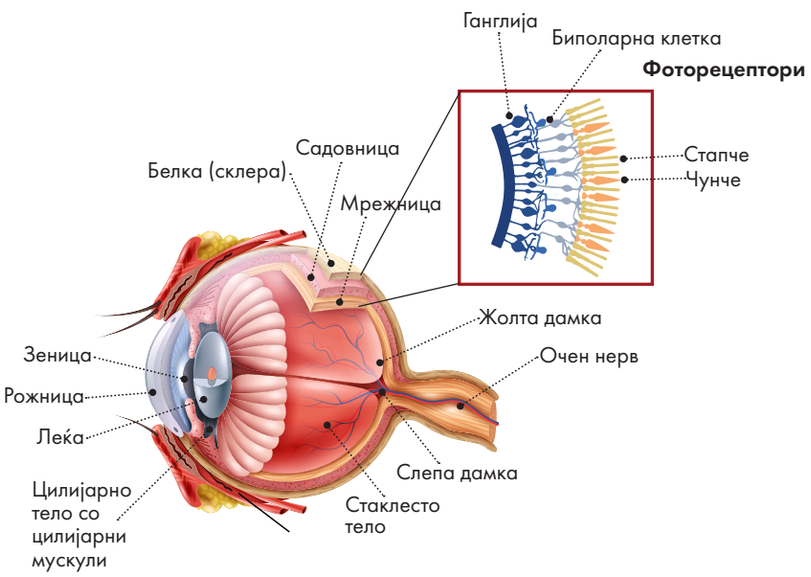
Во **внатрешното уво** се наоѓа течност која по примање на звукот трепери во зависност од неговиот интензитет. Треперењата претставуваат звучни импулси кои преку рецепторите се пренесуваат до мозокот, каде што се врши интерпретација на дразбите како тонови со различна висина.

Во средното уво се наоѓа отвор кој преку Евстахиевата туба комуницира со голтникот. Оваа комуникација овозможува изедначување на притисокот помеѓу средното уво и надворешната средина што е впечатливо при промената на надморската височина.

Евстахиевата туба е отвор преку кој средното уво е поврзано со голтникот. Таа овозможува изедначување на притисоците помеѓу средното уво и надворешната средина.

Сетило за вид

Сетилото за вид содржи фотосензибилен пигмент родопсин кој овозможува примање на светлосна енергија. На слика 8.11 се прикажани составните делови на окото и нивната улога. Ако добро ја проучите градбата и улогата на деловите на окото ќе забележите дека фоторецепторите се сместени во мрежницата на окото, додека оптичкиот апарат на окото го сочинуваат: рожницата, очната водичка, биконкавната леќа и стаклестото тело.



Слика 8.11 →
Градба на око.

Окото е изградено од:

- надворешна обвивка (рожница и белка);
- средна обвивка (шареница, цилијарно тело и садовница);
- внатрешна обвивка (пигментен слој и мрежница);
- заштитни и помошни делови (очни капаци со трепки, очни мускули и солзен апарат).

Движењето на светлосната енергија во окото се одвива на следниов начин:

- Светлината поминува низ прозирната рожница и продолжува низ зеницата до леќата;
- Во леќата се прекршува светлината и се проектира до задниот дел на очното јаболко, во жолтата дамка на мрежницата;

Примената дразба од фоторецепторите преку очниот нерв се пренесува до соодветниот центар во оптичката зона во кората на мозокот.



- Формираниот лик е превртен и намален. Светлината ја примаат стапчињата кои содржат родопсин. Таа предизвикува биохемиски промени во мрежницата, разложувајќи го родопсинот. Со тоа се овозможува спроведување на нервниот импулс преку очниот нерв до нервниот центар во кој се врши корекција на сликата. Родопсинот се троши во текот на денот, но се синтетизира во текот на ноќта, во присуство на витаминот А (β-каротен).

Сетилото за вид се карактеризира со: **способност за адаптација** (приспособување на сетилото на различен интензитет на светлина со отворање и затворање на зеницата); **способност за акомодација** (јасно гледање на предметите на различно растојание со испакнување или израмнување на сферната површина на очната леќа); **способност за гледање во боја** (чунчињата се чувствителни на црвена, сина и зелена светлина).

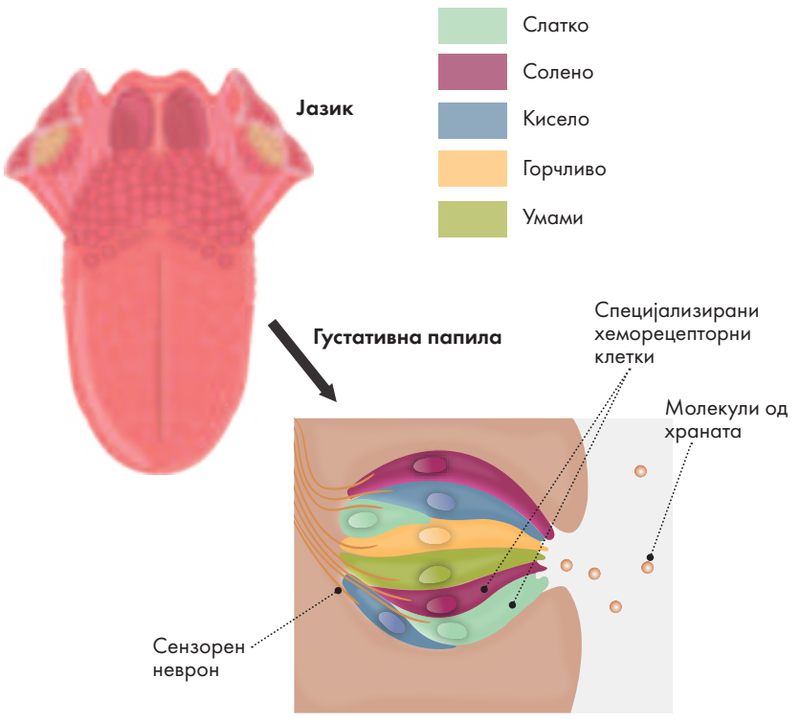
Сетилото за вид се карактеризира со способност за адаптација, акомодација и гледање во боја.

Сетило за мирис и вкус

Сетилата за вкус **(густативно сетило)** и мирис **(олфакторно сетило)** се претставени со хеморецептори.

Густативното и олфакторното сетило (сетила за вкус и мирис) се претставени со хеморецептори.

Вкусот претставува драза која ја примаат **густативни** (вкусови) **папили**. Рецепторите за вкус се специјализирани хеморе-



Слика 8.12 →
Сетило за вкус.

Густативните (вкусови) папили се распределени низ целата површина на јазикот и детектираат различни вкусови (слатко, кисело, горчливо, солено и умами).

Една густативна папила ги содржи рецепторите за сите вкусови, што овозможува на било кој дел од јазикот да се препознаат различните вкусови на храната.

Олфакторните рецептори кои ги има во носниот епител ја примаат мирисната дразба.

[5]Олфакторни булбуси

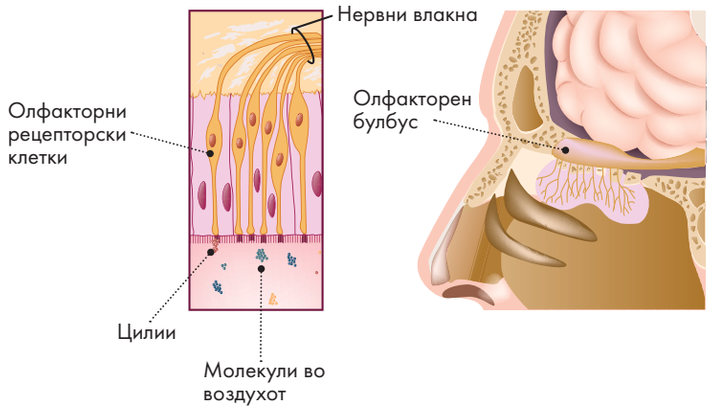
Структури кои се наоѓаат во долната страна од големиот мозок (една над секоја носна празнина). Тие примаат информации од олфакторните рецептори и ја пренесуваат дразбата кон другите делови на мозокот.

цепторни клетки кои дразбата ја примаат само ако материјата е во растворена состојба. Густативните папили детектираат различни вкусови (слатко, кисело, солено, горчливо, умами) и се распределени низ целата површина на јазикот [слика 8.12].

Долго време постоела теорија дека една густативна папила содржи рецептори кои детектираат само еден вкус и истите се сместени на различни места на јазикот. Сега се знае дека една густативна папила ги содржи рецепторите за сите вкусови, односно на кој било дел од јазикот може да се детектира различен вкус на храна (солено, слатко, кисело, горчливо, умами).

Мирисот претставува дразба која ја примаат олфакторните рецептори кои се наоѓаат во носниот епител. Олфакторните рецепторски клетки претставуваат биполарни неврони чии апикален крај завршува со задебелување од кое поаѓаат 6 до 20 цилии [слика 8.13]. Преку аксонот, овие неврони ја пренесуваат дразбата до олфакторниот булбус[5] во мозокот. Олфакторните рецептори наједноставно ја примаат дразбата кога гасовитата материја е растворена.

Иако рецепторите и нервните патишта за детекција на вкус и мирис се независни, постои одреден степен на поврзаност и интеракција меѓу нив. Голем дел од различните вкусови што ги осеќаат луѓето при внесување на храна се должи и на сетилото за мирис. Така на пример, ако сетилото за мирис е со намалена функција (при настинка), перцепција за вкус е намалена.



Слика 8.13 →
Сетило за мирис.



АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Интересни факти за вкусови на храна

Густативните рецептори ги има и на мекото непце, во слузницата на фаринксот, епиглотисот и горниот дел на хранопроводот.

Луѓето можат да вкусат пет различни вкуса: **сладок, горчлив, кисел, солен, месен (умами).**

Слатко. Овој вкус потекнува од присуство на шеќер, фруктоза или лактоза во храната. Сепак, постојат и други супстанции кои се перципираат како слатки. На пример, некои протеини, аминокиселини или некои алкохоли присутни во овошни сокови или алкохолни пијалаци.

Кисело. Оваа дразба е предизвикана од присуство на водородни јони (H^+). Храната што природно најмногу го содржи овој вкус е лимон, портокал и грозје.

Солено. Осетот за солено се детектира од наједноставниот рецептор за вкус и потекнува главно од натриумови јони. Обично го осеќаме во храна што содржи сол. Истиот вкус се осеќа и во присуство на соли на калиум или магнезиум.

Горчливо. Овој вкус е предизвикан од неколку различни супстанции. Во сетилните клетки има околу 35 различни протеини кои опфаќаат горчливи материи. Ова се објаснува од еволутивна гледна точка, бидејќи човекот морал да открие кои супстанции биле отровни за да преживее.

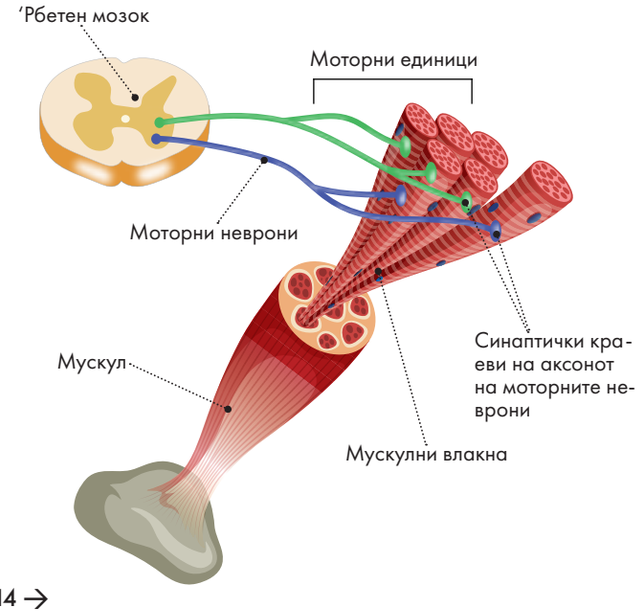
Месен вкус или умами. Генерално е предизвикано од глутаминска или аспарагинска киселина. Овој вкус е идентификуван во 1908 година од јапонскиот научник Kikunae Ikeda. Овој квалитет на вкус е сличен на вкусот на супа од месо. Присутен е кај зрели домати, сирење и месо, продукти кои се богати со глутаминска киселина. Инаку, во некои кујни, глутамат се користи како подобрувач на вкус.

МОТОРНА ЕДИНИЦА

Нервно мускулната синапса или завршна плоча остварува функционална врска меѓу моторниот неврон и мускулната клетка.

Нервно-мускулната синапса (завршна плоча) преку аксонските гранчиња остварува функционална врска помеѓу **моторниот неврон** и **мускулната клетка од скелетен мускул**. Основната морфо-функционална единица на нервно-мускулната синапса е **моторната единица** [слика 8.14]. Моторната единица се состои од еден моторен неврон и сите мускулни влакна кои се под контрола на истиот. Кога моторниот неврон спроведува акциски потенцијал, сите мускулни влакна во неговата моторна единица одговараат како група.

Моторната единица претставува основна морфо-функционална единица на нервно-мускулната синапса. Таа е составена од аксонски гранки на моторни неврони и мускулни клетки.



Слика 8.14 →
Моторна единица.

Јачината на добиената контракција зависи од тоа колку мускулни влакна се контролирани од страна на тој моторен неврон. Во целиот мускул може да има стотици мотори единици. Пренесувањето на нервниот импулс од нервното на мускулното влакно може да се претстави во неколку етапи.

Преносот на нервен импулс од неврон на мускулно влакно се одвива преку: ослободување на ацетилхолин во постсинаптичката мембрана, создава потенцијал на мускулната плоча, со што создава акциски потенцијал кој се шири надвор од муускулната единица.

Првата етапа започнува со доаѓањето на нервниот импулс до крајот на аксонот. Тоа е причина за ослободување на определено количество ацетилхолин (невротрансмитер) во синаптичката пукнатина.

Во **втората етапа**, ацетилхолинот се поврзува со рецепторот за ацетилхолин кој се наоѓа на постсинаптичката мембрана. Ова поврзување (невротрасмитер + рецептор) доведува до зголемена јонска пропустливост на постсинаптичката мембрана за Na^+ и K^+. Со тоа се создаваат услови за локална деполаризација, односно создавање потенцијал на мускулната плоча.



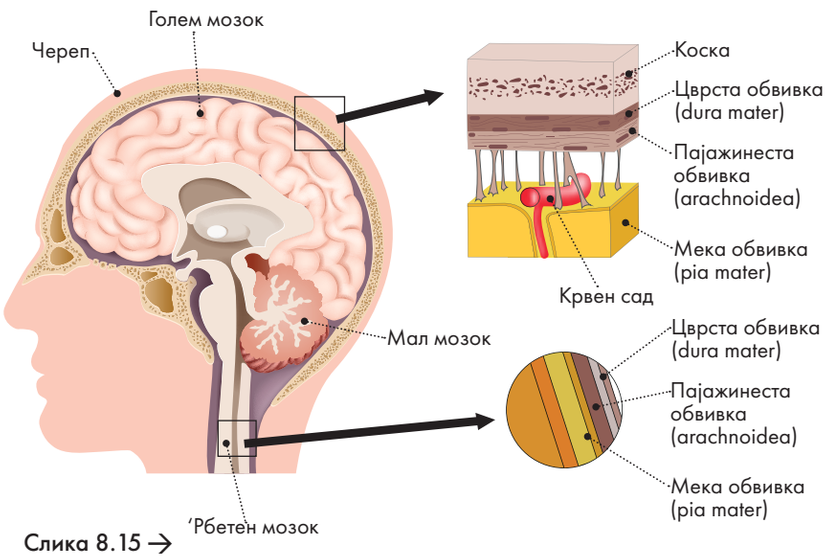
Третата етапа е кога потенцијалот на мускулната плоча ќе го достигне **праговото надразнување**[6], со што се создава акциски потенцијал кој ќе се прошири надвор од моторната единица. Оттаму, процесот на деполаризација ќе се движи по должината на сите клетки зафатени со бранот на деполаризација.

Четвртата етапа се состои од брзо разложување (ензимска хидролиза) на ацетилхолинот во присуство на ензимот ацетилхолинестераза, при што сарколемата се реполаризира, а со тоа потенцијалот на моторната плоча се враќа во првобитната состојба.

ЦЕНТРАЛЕН НЕРВЕН СИСТЕМ

Централниот нервен систем е одговорен за анализирање и интегрирање на примените дразби од надворешната и внатрешната средина. Овој регулаторен систем извршува сложени активности, како што се споредување, анализа, размислување, учење, помнење.

Централниот нервен систем е составен од **'рбетен мозок** (*medulla spinalis*) и **черепен мозок** (*encephalon*). Тие се обвиткани со три обвивки (*meninges*): цврста обвивка (*dura mater*) која се наоѓа веднаш под коските на черепот, средна пајажинеста (*arachnoidea*) и внатрешна мека обвивка (*pia mater*) [слика 8.15].



Слика 8.15 →
Мозочни обвивки.

[6]Праг на дразба
најмал интензитет на дразбата која за најкратко време може да го надразни рецепторот.

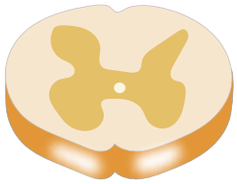
Централниот нервен систем е претставен со 'рбетен и черепен мозок. Тие имаат слична градба. Обвиткани се со три мозочни обвивки: надворешна, средна и внатрешна.

Во черепнината мозок белата маса е во централниот дел, а сивата е поставена во надворешниот дел.

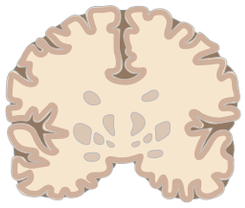
Во 'рбетниот мозок сивата маса е централно поставена, а е обвиткана со бела маса.

'Рбетниот мозок има спроводна и рефлексна функција.

а)



б)



Слика 8.16 →
Распределба на сива и бела маса во ’рбетен мозок (а) и черепен мозок (б).

Во ’рбетниот и черепниот мозок, нервното ткиво е претставено со **сива маса** (амиелински нервни клетки и дендрити) и **бела маса** (миелинизирани аксони) [слика 8. 16 а) и б)].

Во ’рбетниот мозок, белата маса го формира надворешниот слој, додека сивата маса е поставена централно и има форма на пеперутка [слика 8. 16 а]. Средишниот дел на ’рбетниот мозок е составен од централен канал кој се поврзува со четирите мозочни комори во черепниот мозок. Меѓупросторот е исполнет со цереброспинална течност.

’Рбетниот мозок има двојна функција: **спроводна** и **рефлексна**. Спроводната функција се остварува преку бројни сензорни (аферентни) и моторни (еферентни) патишта, со што се овозможува поврзување на ЦНС со сензорните и моторните неврони од ПНС. Од ’рбетниот мозок излегуваат 31 пар на спинални нервни влакна. ’Рбетниот мозок е средиште на голем број рефлекси како што се рефлекс за дефекација и урогенирален рефлекс (за микција и ерекција) и др.

Черепниот мозок е составен од: *преден мозок, меѓумозок, среден мозок, мал мозок и продолжен мозок* табела 8.2.

Табела 8.1 - Центри во продолжен мозок.

Автоматски центри
Респираторен центар - ги регулира процесите на инспирација и експирација
Центар за регулација на срцевата работа - кардиоинхибирачки и кардиостимулирачки центар
Вазомоторен центар - вазоконтрикција или вазодилатација на мазната мускулатура на крвните садови
Рефлексни центри
Одбранбени рефлекси: корнеален рефлекс; рефлекс за солзење и рефлекс за кашлање и кивање.
Алиментарни рефлекси: голтање, џвакање, саливација, повраќање
Лабиринтни рефлекси: рамнотежа и положба на главата и телото во просторот

Табела 8.2 - Делови на черепниот мозок (*encephalon*)

Черепни мозоци	
Продолжен мозок (*medulla oblongata*)	На ’рбетниот мозок се надоврзува продолжениот мозок. Продолжениот мозок, заедно со мостот на Вароли (*pons Varolii* - кој е на предниот дел од продолжениот мозок), претставуваат релејни станици за информациите кои патуваат меѓу ПНС и черепниот мозок. Тука е сместена и четвртата мозочна комора. Во продолжениот мозок се сместени неколку витални автоматски и рефлексни центри. (Ако сакаш да знаеш повеќе за центрите сместени во продолжениот мозок, проучи ја табела 8.1)
Мал мозок (*cerebellum*)	Малиот мозок е составен од две хемисфери. Внатрешноста е составена од белата маса која формира структура во вид на стебло, а периферно е поставена сивата маса. Во малиот мозок се врши контрола и координација на мускулните движења и рамнотежата.



Среден мозок (*mesencephalon*)	Средниот мозок се наоѓа помеѓу pons Varolii и меѓумозокот. Карактеристично е присуство на црна супстанција (*substantia nigra*) и централно поставено црвено јадро (*nucleus ruber*). Моторните јадра на средниот мозок го регулираат тонус на скелетната мускулатура и сложени автоматски движења.
Меѓумозок (*diencephalon*)	Меѓумозокот е значаен сензитивен центар кој ја опфаќа третата мозочна комора, а од сивата маса се формираат јадра организирани во: • таламус (*thalamus*) кој е главен влезен центар за сите сензорни информации кои се спроведуваат до кората на големиот мозок; • хипоталамус (*hypothalamus*) - во базалниот дел на таламусот. Преку нервно-хипофизарна дршка хипоталамусот се поврзува со хипофизата која учествува во оджување на хомеостаза на секрецијата на хипофизарните хормони. Исто така, хипоталамусот учествува во регулација на телесната температура (центар за термогенеза и термолиза), хидроминералната рамнотежа, исхраната (центар за ситост и глад), половото однесување, емоционалните реакции, иницира одговори на борба или бегство (flight-or-fight). • епиталамусот (*epithalamus* - пинеална жлезда или епифиза) се наоѓа над хипоталамусот кој ја регулира секрецијата на мелатонин.
Голем мозок (*telencephalon*)	Големиот мозок е поделен на две хемисфери и во него се лоцирани првата и втората мозочна комора. Сивата маса се наоѓа периферно и ја опфаќа мозочната кора (*cortex*). Под мозочната кора се сместени мозочните јадра - базални или субкортикални јадра. Според функцијата кората е поделена на сензорна, моторна и асоцијативна зона. • Во моторната зона се сместени центрите одговорни за свесните - волеви движења на екстремитетите; • Во сензорната зона се сместени центрите за сензибилност - за допир, температура, болка и • Во асоцијативната зона (место на вишата нервна активност на човекот). Во големиот мозок постои и лимбички систем кој е поврзан со инстинктите (исхрана, сексуално однесување, грижа за потомството и др.), емоционалните реакции на човекот, помнењето и др.

Во **продолжениот мозок** спаѓаат центрите за: дишење, работа на срце, крвен притисок, за кашлање, кивање, повраќање, за цицање, лачење на дигестивни сокови, голтање.

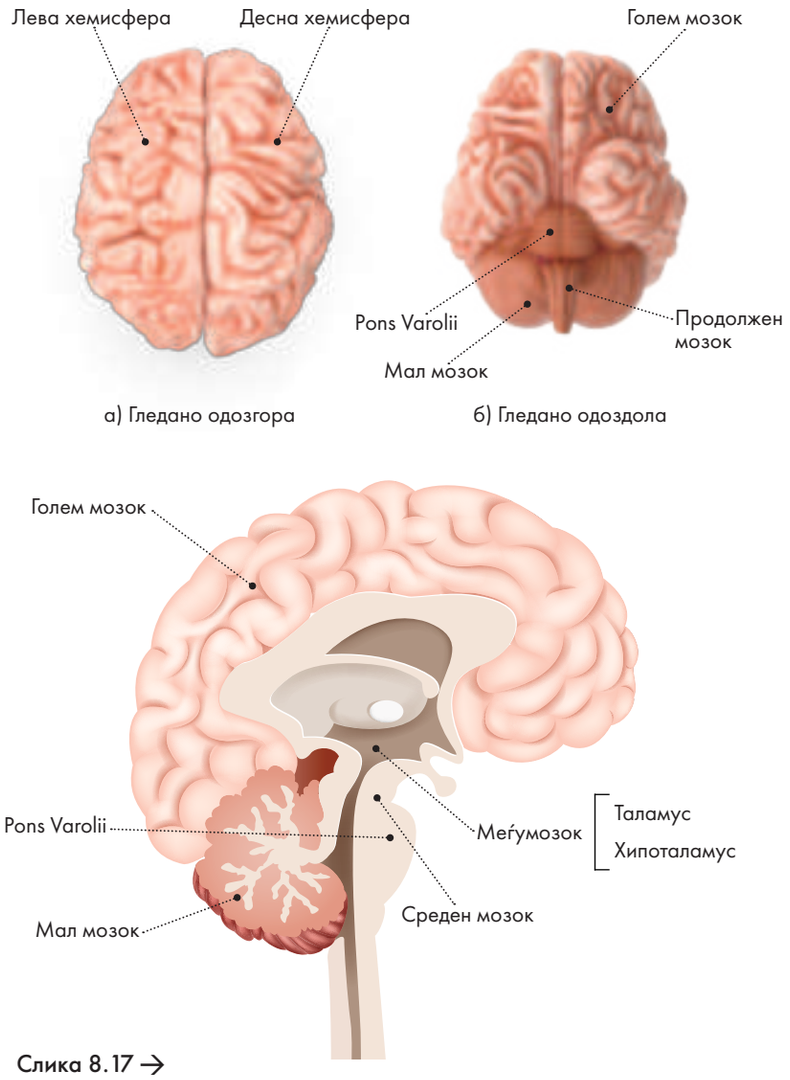
Малиот мозок ги координира мускулните движења и тонусот, рамнотежата на телото.

Хипоталамусот преку дршка се поврзува со ендокрината жлезда - хипофиза.

Таламусот е станица низ која минуваат сензитивните патишта (освен од рецепторот за мирис), кои продолжуваат во кората на големиот мозок.

Функционално кората на големиот мозок е поделена на три зони: **моторна**, **сензорна** и **асоцијативна**.

Лимбичкиот систем е поврзан со инстинкти, емоционални реакции на човекот, помнење и др.



Слика 8.17 →
Черепни мозоци.

Рефлекс е реакција на одреден дел од телото на примена дразба без учество на волјата и свеста и е основен облик на физиолошка активност на нервниот систем.

Рефлексните реакции се поделени на безусловни (вродени) рефлекси и условни (стекнати) рефлекси.

РЕФЛЕКСИ

Основен облик на физиолошка активност на нервниот систем е **рефлексна реакција**. Рефлекс претставува реакција на одреден дел од телото на примена специфична дразба без учество на волјата и свеста (неволева). Поконкретно, рефлексот се дефинира како *несвесна реакција на ефекторот при дразнење на рецепторот*. Оваа рефлексна активност овозможува човекот брзо да реагира на разни промени од надворешната и внатрешната средина и соодветно да се приспособи на истите. Рефлексната реакција се остварува со учество на рефлексните центри, лоцирани во различни делови на централниот нервен систем.



Рефлексен лак

Нервниот пат по кој се движи нервниот импулс од рецепторот до ефекторот е наречен **рефлексен лак**. Патот на движење на нервниот импулс преку рефлексниот лак е прикажан на слика 8.18, а се состои од пет елементи:

1.	**Рецептори** кои ја примаат дразбата;
2.	сензитивни или аферентни нерви низ кои се спроведува нервниот импулс до ’рбетниот мозок;
3.	синапса во ’рбетниот мозок, меѓу сензитивниот и моторниот нерв;
4.	моторни нерви или еферентни низ кои се спроведува нервниот импулс до ефекторот;
5.	контракција на ефекторот (скелетниот мускул)

Времето од моментот на стимулацијата до моментот на рефлексниот одговор на ефекторот се нарекува **рефлексно време** и зависи од бројот на неврони помеѓу рецепторот и ефекторот и од типот на нервни влакна (миолинизирани и не миолинизирани).

Рефлексен лак е нервниот пат по кој се движи нервниот импулс од рецепторите до ефекторот.

Елементи на рефлексниот лак се: рецептор, сензитивен нерв, синапса, моторен нерв и ефектор (некој мускул).

Рефлексно време е времето од моментот на стимулацијата до моментот на рефлексниот одговор на ефекторот.

Рефлексни реакции

Рефлексните реакции се поделени на **безусловни (вродени)** рефлекси и **условни (стекнати)** рефлекси преку кои се остварува активноста на нервните центри. Безусловните рефлекси се лоцирани во нижите нервни центри, додека во вишите нервни центри се сместени условните кои се пресудни за соодветниот и правилен контакт на човекот со околината.

Безусловните рефлекси се наследни, еднообразни рефлексни реакции, кои настануваат во ‘рбетниот мозок и одредени делови под кората на големиот мозок (субкортикални) од ЦНС. Во нив спаѓаат: пателарниот рефлекс, рефлексот на Ахиловата тетива, абдоминалниот рефлекс и др. На пример со удар на тетивата на четириглавиот мускул (*m. quadriceps*), под самата чашка на зглобот на коленото, се предизвикува контракција на мускулот и издолжување на потколеницата [слика 8.19]. Постојат и сложените безусловни рефлекси - **инстинкти**, кои се формираат во повисоко организираните делови на централниот нервен систем (кора на голем мозок). Од биолошки аспект, инстинктите се поделени на: одбранбени, ориентациски, полови и инстинкти поврзани за исхраната.

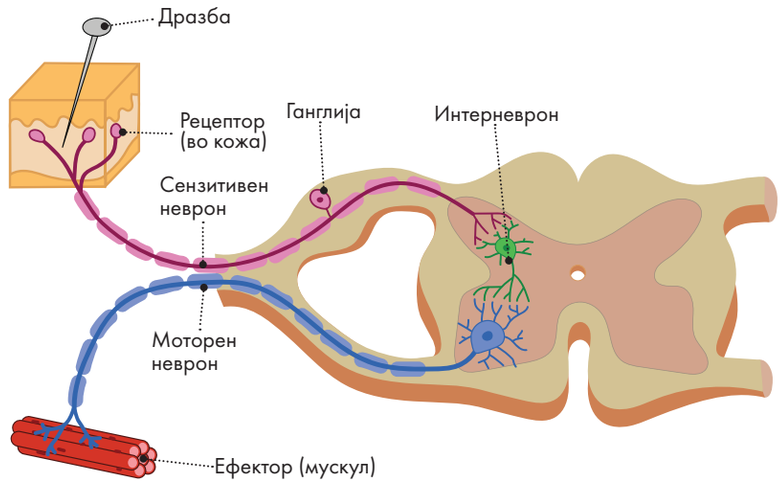
Еднообразните рефлекси, кои настануваат во ’рбетниот мозок и одделни делови под кората на големиот мозок се наследни и се нарекуваат **безусловни рефлекси**.

Инстинкт е сложен безусловен рефлекс, кој се формира во повисоко организираните делови на ЦНС.

Со повеќекратно повторување на една дразба бо текот на животот настануваат условни или стекнати рефлекси.

Ендокриниот систем учествува во координација и регулација на функциите во организмот.

Условни или **стекнати рефлекси** се индивидуални рефлексни реакции кои настануваат во текот на животот, преку повеќекратно повторување на дразбата. Условниот рефлекс е поврзан со кората на големиот мозок каде што се одвиваат два антагонистички процеса: процеси на дразнење и инхибиција. Згаснувањето на условниот рефлекс може да настане ако дразбата отсуствува или ако се стимулира со друга посилна дразба. Голем број од човековите активности се основаат на условните рефлекси. Така, на пример доколку помислите или помирисате храна, во устата ќе ви се излачи плунка и најверојатно ќе земете од храната и ќе започнете со јадење.



Слика 8.18 →
Рефлексен лак.

ЕНДОКРИН СИСТЕМ

Вториот регулаторен систем кој учествува во координацијата и регулацијата на функциите на организмот е **ендокриниот систем** (првиот е нервниот систем). Ендокриниот систем го сочинуваат органи (најчесто жлезди), ткива и клетки кои имаат способност за **внатрешно лачење** на **хормони**. Хормоните се биолошки активни молекули кои по **хуморален пат** (крвта) се пренесуваат до своите **таргет-клетки** и регулираат различни процеси во организмот.

Со активностите на ендокриниот и нервниот систем се усогласуваат и регулираат многубројните функции на ткивата, органите и системите во организмот. Со поврзување на овие два регулирачки система со системот за циркулација, се овозможува



поврзување на различните делови на телото и се овозможува организмот да функционира како една целина. При оваа невро-хуморална регулација, нервниот систем главно ги контролира брзите реакции со биоелектрична и хемиска стимулација (пример, мускулна контракција), додека дејствата на ендокриниот систем се побавни и се одвиваат во подолг временски период, а се спроведуваат преку хормони.

Ендокриниот систем го сочинуваат **ендокрини жлезди** кои лачат специфични продукти – хормони.

Во организмот на човекот може да дојде до нарушување на функцијата на некоја од ендокрините жлезди. Зголемената активност (хиперфункција) на жлездата се манифестира со зголемено лачење, додека намалената активност (хипофункција) со намалено лачење на нејзините хормони.

Хормони

Хормоните претставуваат органски молекули кои се продуцираат и секретираат од ендокрините клетки и ткива. Преку циркулаторниот систем, хормоните се транспортираат до сите делови на телото, но тие се ефективни само врз специфични целни (таргет) клетки или ткива. Хормоните на човековото тело, врз основа на нивната хемиска структура, може да се поделат во две големи групи [табела 8.3]:

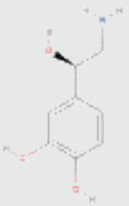
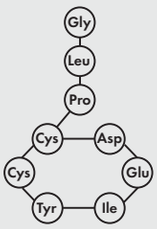
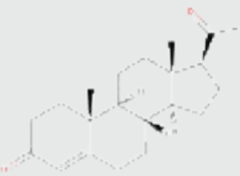
Хормоните се биолошки активни молекули кои се лачат директно во крвта со чија помош се пренесуваат до целните таргет – клетки каде ги регулираат различните процеси во нив.

1. **Хормони со аминокиселинска структура или деривати на аминокиселини** – тие можат да бидат изградени од само една модифицирана аминокиселина **(амини)** или од 3 до 200 аминокиселини **(пептидни и протеински хромони)**. Најголем дел од овие хормони се растворливи во вода (хидросолубилни).
2. **Липидни хормони** – кои главно настануваат со модификација на молекулата на холестерол **(стероидни хормони)**. Овие хормони се растворливи во масти (липосолубилни).

Според структурата хормоните може да бидат од **аминокиселинска природа** (модифицирани аминокиселини, пептиди и протеини) и **липидна природа** (стероидни хормони).

Таргет-клетките ги препознаваат хормоните преку соодветни рецептори, кои се лоцирани или на површината на нивната клеточна мембрана, во цитоплазмата или во јадрото. Притоа, хормонот се врзува за рецепторот и како резултат на тоа се реализира ефектот во целната клетка. Хемиската структура на хормонот влијае врз распределбата на хромонот, видот на рецепторите за кои тој се врзува како и врз други аспекти на неговата функција [табела 8.3]. Хормоните, своето дејство (ефективност) го покажуваат во многу мали количини. Само неколку молекули од хормонот може да се доволни за да се поттикне драматичен одговор во целната клетка.

Табела 8. 3. Класификација на хормоните и механизам на дејство.

Класа на хормон	Хемиска структура	Механизам на дејство	Пример
Амински хормони	Аминокиселини со модифицирани групи	- Се врзуваат за рецептори на клеточната мембрана. - Тие се т.н. „први гласници“ кои понатаму активираат низа клеточни сигнални патишта. - Хормон-рецептор комплексот најчесто активира претворба на AMP во цикличен AMP (cAMP). - cAMP преставува „втор гласник“ кој активира различни процеси во цитоплазмата на клетката.	 Норепинефрин
Пептидни хормони	Краток синџир од аминокиселини поврзазни со пептидни врски		 Окситоцин
Протеински хормони	Долг синџир од аминокиселини поврзани со пептидни врски		 Хормон за раст (соматотропин)
Стероидни хормони	Настануваат со модификации на молекулата на холестерол	- Бидејќи се липосолубилни ја поминуваат клеточната мембрана и се врзуваат за рецептори кои се наоѓаат во цитоплазмата или на јадрената мембрана. - Најчесто резултираат со промени во експресијата на некои гени или синтезата на нови протеини.	 Тестостерон во јадрото  Прогестерон



Постојат и други хемиски гласници кои во поново време се класифицираат како хормони - невропептиди и простагландини. **Невропептидите** се хормони секретирани од нервниот систем. За разлика од невротрансмитерите, невропептидите дејствуваат врз многу околни клетки што се во близина на нервната клетка која ги ослободила.

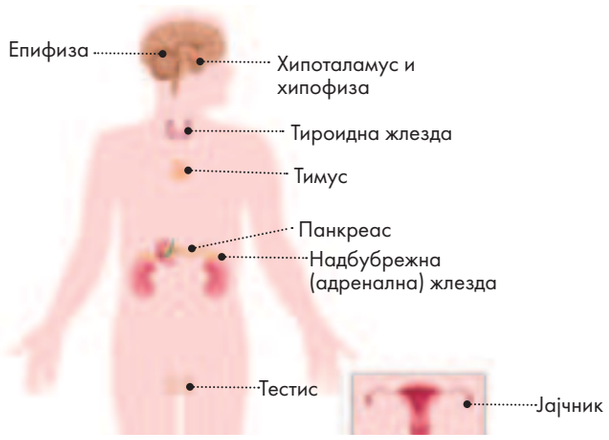
Во зависност од распределбата на рецепторите, хормоните може да имаат општо дејство, односно да влијаат врз многу ткива и органи во организмот (STH, тироидни хормони, инсулин) или да имаат специфично дејство, односно да влијаат врз одредени специфични ткива или органи (TSH, ACTH).

Хормоните може да имаат **општо** или **специфично** делување во зависност од местото на делување.

Ендокрини клетки, ткива и органи

Како што веќе беше спомнато, ендокриниот систем се состои од клетки, ткива и органи кои лачат хормони како нивна примарна или секундарна функција. Ендокрините жлезди се органи чија примарна функција е лачењето на хормони. Овде спаѓаат: хипофиза, тироидна жлезда, паратироидна, надбубрежната жлезда [слика 8. 20] и др.

Некои од овие жлезди имаат и ендокрина и егзокрина функција. На пример, панкреасот содржи клетки кои лачат дигестивни ензими (егзокрина функција), како и клетки кои лачат хормони (инсулин и глукагон), кои го регулираат нивото на гликоза во крвта (ендокрина функција). Хипоталамусот, тимусот, срцето, бубрезите, желудникот, тенкото црево, црниот дроб, кожата, јајниците и тестисите се други органи кои содржат клетки со ендокрина функција. Освен за овие ткива, одамна е познато дека масното ткиво произведува хормони и неодамнешни истражувања откриваат дека дури и коскеното ткиво има ендокрини функции.

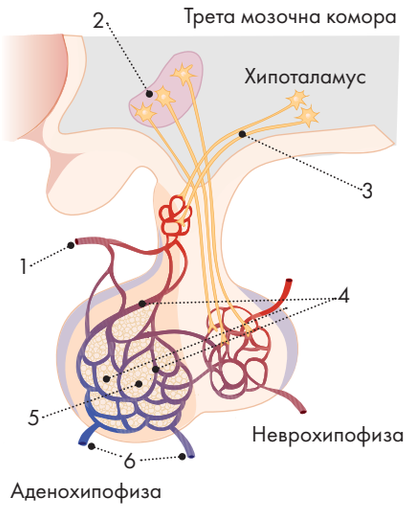


Слика 8.20 →
Ендокрин систем.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Една група невропептиди наречени **ендорфини** се одговорни за емоциите, влијаат врз перцепцијата за болка и врз процесите на репродукција. Друга група невропептиди наречени **енкефалини** ги инхибираат сигналите за болка кои патуваат кон мозокот.

Простагландините се модифицирани масни киселини (дериват на масна киселина - арахидонска) кои се секретираат од повеќе органи и имаат својства на хормони. Простагландините, често се акумулираат во повредени ткива и учествуваат во процесите на воспаление. Спектарот на дејствување и физиолошките ефекти на простагландините е многу широк. Некои простагландини можат да го намалат или зголемат крвниот притисок, да предизвикаат контракција на мазните мускули или да предизвикаат треска (покачена телесна температура).



Слика 8.21 →
Хипоталамус-хипофиза
1. Хипофизарни артерии
2. Невроендокрини клетки
3. Нервни влакна
4. Хипофизарни портални вени
5. Клетки кои секретираат тропни хормони
6. Хипофизарни вени

Нервниот и ендокриниот систем се поврзани преку **хипоталамусот** и **хипофизата**.

Хипофизата се состои од три дела: аденохипофиза, среден дел и неврохипофиза

ПОВРЗАНОСТ НА НЕРВНИОТ И ЕНДОКРИНИОТ СИСТЕМ

Нервниот и ендокриниот систем се функционално поврзани преку хипоталамусот како нервна структура и хипофизата како ендокрина структура, која учествува во регулирањето на активноста на други ендокрини жлезди. Во оваа врска, функцијата на хипофизата е регулирана од хипоталамусот [слика 8.21]. Функционалната поврзаност на овие два система овозможува соодветна реакција на организмот при промени во внатрешната или надворешната средина. Освен контролата на функцијата на хипофизата, хипоталамусот учествува во регулацијата на телесната температура и крвниот притисок.

Хипофиза

Според градбата и функцијата, хипофизата е составена од три различни дела:

- Преден резен – аденохипофиза (*pars anterior*);
- Среден резен (*pars intermedia*);
- Заден резен – неврохипофиза (*pars posterior*).

Аденохипофизата главно лачи стимулирачки хормони (тропни хормони) кои имаат стимулирачко дејство врз функцијата на другите ендокрини жлезди во организмот [табела 8.4]. Активноста на аденохипофизата е регулирана од хипоталамусот, преку секрецијата на ослободувачките хормони или „releasing“ фактори. Преку посебен хипоталамус-хипофизарен портален крвен систем, хормоните од хипоталамусот се пренесуваат до аденохипофизата и стимулираат секреција на соодветните тропни хормони.

Средниот дел од хипофизата секретира меланотропен стимулирачки хормон (MSH) кој ја стимулира секрецијата на меланин (пигмент за боја на кожата) во меланоцитите.

Неврохипофизата се смета за продолжеток на хипоталамусот бидејќи е изградена од нервни влакна. Хормоните од неврохипофизата [табела 8.3] се синтетизираат во хипоталамусот, а се излачуваат на нервните завршетоци во самата неврохипофиза.



Табела 8.4 Хормони на хипофиза.

Дел од хипофиза	„releasing" хормон	Хормон	Таргет-ткиво/ клетки	Ефект
Аденохипофиза	Ослободувачки хормон за хормонот за растење или соматотропен ослободувачки хормон (GHRH)	Хормон на раст (GH) (соматотропен хормон)	Меки ткива, коски	Стимулира раст на ткивата, синтеза на протеините и разградување на мастите
	Пролактин ослободувачки хормон (PRH)	Пролактин (PRL)	Млечни жлезди	Ја регулира функцијата на млечните жлезди, стимулира продукција и излачување на млекото кај жените
	Тироиден ослободувачки хормон (TRH)	Тироид-стимулирачки хормон (TSH)	Тироидна жлезда	Стимулира секреција на тироидни хормони – тироксин (T4) и тријодтиронин (T3)
	Гонадотропен ослободувачки хормон (GnRH)	Фоликуло-стимулирачки хормон (FSH)	Гонади	Стимулира созревање на фоликулите во јајниците и секреција на естроген; стимулира сперматогенеза во тестисите
		Лутеинизирачки хормон (LH)	Гонади	Стимулира формирање на жолто телце кај жените, влијае врз секреција на половите хормони
	Кортикотропен ослободувачки хормон (CRH)	Адренокортикотропен хормон (ACTH)	Кора на надбубрежни жлезди	Стимулира создавање на глукокортикоидни хормони (кортизол) од надбубрежните жлезди
Среден дел од хипофизата		Меланотропин стимулирачки хормон (MSH)	Меланоцити во кожата	Стимулира создавање на меланин од меланоцитите
Неврохипофиза		Антидиуретичен хормон (ADH)	Бубрези	Влијае врз реапсорпција на водата од примарната урина во дисталните бубрежни каналчиња, при што го инхибира исфрлањето на вода преку урината.
		Окситоцин	Матка, млечни жлезди	Стимулира контракција на матката при породување; влијае врз лактацијата по породување

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Доколку во периодот на растењето се појави недостиг (дефицит) на STH, тоа доведува до застој во растот и појава на *џуџест раст*, но при тоа нема нарушување во психичкиот развој. Додека пак, зголемената секреција на STH во периодот на растењето, доведува до енормно зголемување на висината на телотото – појава позната како *гиганизам (гигантски - џиновски раст)*. Висината кај заболените лица може да достигне и до 250 cm. Зголемено лачење на STH може да се појави и кај возрасни луѓе и во тој случај предизвикува *акромегалија, т.е. појава на ненормално растење само на одделни периферни делови од телото* (нос, долна вилица, усни, јазик, дланки и стапала).Намалената секреција на хормонот за растење се лекува со терапија (давање на соматотропен хормон) во детската возраст (периодот на најинтензивното растење). Хормонот за растење, денес, може да се произведува и со генетски инженеринг во лабораториски услови, со користење на одредени непатогени бактерии.

ЕНДОКРИНИ ЖЛЕЗДИ

Синтезата и складирањето на тироидните хормони се одвива во фоликулите на тироидната жлезда.

Тироидната жлезда ги продуцира хормоните Т4, Т3 и тиреокалцитонин.

Паратироидната жлезда која е во состав на штитната жлезда, создава паратироиден хормон.

Тироидната (штитна) жлезда која е сместена непосредно под грклан от, од двете страни на душникот има маса од околу 25-30 g [слика 8. 20]. Се состои од два лобуса (лев и десен) кои се споени со еден потесен жлездест дел, наречен истмус. Тироидното ткиво го сочинуваат бројни тироидни фоликули кои се исполнети со белковидна маса (колоид), каде што се акумулираат тироидните хормони. Фоликулите се обложени со жлездести клетки - **тиреоцити**. Тироидната жлезда продуцира два хормона: **тироксин** (Т4 - тетрајодтиронин) и **тријодтиронин** (Т3). Посебен тип на клетки од тироидната жлезда создаваат и тирокалцитонин (**калцитонин**). Продукцијата, а со тоа и концентрацијата на Т4 во крвта е за 4-5 пати поголема од онаа на Т3. Од друга страна, Т3 има многу посилни ефекти од Т4. За синтеза на тироидните хормони, неопходно е присуство на јод кој се внесува со храната. Физиолошките функции на тироидните хормони се претставени во табела 8.4 .

Паратироидна жлезда [слика 8. 20] е ендокрина жлезда која се наоѓа во состав на штитната жлезда. Оваа жлезда создава **паратироиден хормон (PTH)** чија физиолошка функција е поврзана со регулација на концентрацијата на калциум и фосфор [табела 8.4].



Надбубрежните (адреналните) жлезди се сместени над бубрезите и имаат маса околу 10-12 g [слика 8. 20]. Овие жлезди се составени од два дела кои се структурно и функционално различни: кора (cortex) и срцевина (medulla). Од кората на надбубрежните жлезди, која е изградена од жлездено ткиво се синтетизираат и излачуваат хормони со стероидна структура. Во зависност од функцијата на хормоните, адренокортикоидните хормони се поделени во три групи: **гликокортикоиди, минералокортикоиди и полови хормони.** Срцевината (медулата) во основа е симпатичка ганглија, изградена од нервно ткиво (без нервни продолжетоци) и во неа се синтетизираат и секретираат **катехоламини**: **адреналин** (епинефрин) и **норадреналин** (норепинефрин). Физиолошките функции на хормоните на адреналните жлезди се преставени во табела 8.5 .

Панкреасот е жлезда со двојно лачење - егзокрино (надворешно) и ендокрино (внатрешно). Ендокрината функција на панкреасот се состои во лачењето на хормоните - **инсулин, глукагон, соматостатин и гастрин.** Нивните физиолошки функции се преставени во табела 8.5. Карактеристично за хормоните инсулин и глукагон е тоа што нивното лачење е директно зависно од концентрацијата на глукоза во крвта, односно не зависи тропни хормони (хипофиза).

Пинеална жлезда - епифиза е дел од меѓумозокот [слика 8. 20]. Таа лачи хормон **мелатонин** кој го спречува предвременото полово созревање, односно дејствува инхибиторно врз лачењето на FSH и LH до појавата на пубертетот, кога престанува ефектот на мелатонинот [табела 8.5]. Мелатонинот има улога во одржување на дневно ноќниот (циркадијален) ритам.

Половите жлезди – јајници и тестиси лачат **полови хормони естроген и тестостерон** чии физиолошки функции [табела 8.5] беа детално опишани во тема 7 .

Од **кортексот на адреналните жлезди** се секретираат: гликокортикоиди, минералокортикоиди и полови хормони.

Од **срцевината на адреналните жлезди** се лачат адреналин и норадреналин.

Ендокрината функција на **панкреасот** е секреција на инсулин и глукагон.

Епифизата лачи хормон мелатонин кој има улога спречување на предвремено полово созревање и одржување на циркадијалниот ритам.

Половите жлезди лачат полови хормони – естроген и тестостерон.

Интересен податок за адреналинот :

Адреналинот уште е познат и како стрес-хормон, бидејќи неговото излачување е зголемено при стресни состојби за организмот, како на пр: психичка напнатост, страв, лутина, болка и слично.

Табела 8.5 Хормони на ендокрините жлезди.

Жлезда	Хормон	Таргет-ткиво/ клетки	Ефект
Тироидна жлезда	Тироксин (T4) и Тријодтиронин (T3)	Речиси сите клетки, освен на тестиси, слезина и мозок	Го зголемуваат метаболизмот, имаат голема улога во развојот на мозокот, влијае врз одржувањето на коските, како и врз срцевата и дигестивната функција.
	Калцитонин	Коски, бубрези, црева	Регулација (намалување) на концентрацијата на калциум во крвта
Паратироидна жлезда	Паратироиден хормон (PTH)	Коски, бубрези, црева	Го зголемува нивото на калциум во крвта, а го намалува нивото на фосфор.
Надбубрежна жлезда (кора)	Алдостерон	Бубрези	Реапсорпција на натриум и секреција на калиум.
	Кортизол, кортикостерон, кортизон	Сите ткива	Стимулира разложување масти и протеини, зголемува синтеза на глукоза од амино киселини.
Надбубрежна жлезда (срцевина)	Адреналин, норадреналин	Срце, бронхии, крвни садови	Зголемување на пулс, крвен притисок, срцева фреквенција, контракција на мазна мускулатура, зголемување на концентрацијата на глукоза во крвта (хипергликемичен ефект), периферна вазоконстрикција (стеснување на крвни садови). Норадреналинот има слични функции, со тоа што влијае врз помалите крвни садови и има посилен вазоконстрикторен ефект.
Панкреас	Инсулин	Црн дроб, мускули, масно ткиво	Се секретира од ß-клетките од Лангерхансовите островца. Ја намалува концентрацијата на глукозата во крвта (хипогликемија). Исто така, инсулинот ја стимулира и синтезата на протеини.
	Глукагон	Црн дроб, мускули, масно ткиво	Се секретира од алфа-клетките од Лангерхансовите островца. Ја зголемува концентрацијата на глукоза во крвта (хипергликемија). Стимулира разградување гликоген до глукоза во црниот дроб и стимулира синтеза на глукоза од липиди (глицерол и масни киселини) и протеини.
Пинеална жлезда (епифиза)	Мелатонин	Мозок	Регулација на циклусот на спиење; спречува предвремено полово созревање
Јајчници (јајници)	Прогестерон и естроген	Гонади, мускули, кожа, коски	Учествува во развој на млечните жлезди и јајчниците; влијае врз развој на женски секундарни полови карактеристики; влијае врз менструалниот циклус кај жените
Тестиси	Тестостерон	Гонади, мускули, кожа, коски	Влијае врз развојот на машки секундарни полови карактеристики; учествува во процесот на сперматогенеза во тестисите



АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Регулација на активноста на тироидната жлезда

Лачењето на хормоните од тироидната жлезда е регулирано со негативна повратна врска. При намаленото ниво на тиродните хормони во циркулацијата се зголемува секрецијата на TRH од хипоталамусот, како резултат на што се зголемува секрецијата на TSH од аденохипофизата. TSH поттикнува синтеза и секреција на тироидни хормони (T4) од тироидната жлезда. Зголемено ниво на тиродните хормони (T4) во крвта, влијае врз хипоталамусот, така што се инхибира секрецијата на TRH. Тоа доведува до намалување на секрецијата на TSH од аденохипофизата, со што се намалува синтезата и секрецијата на тироидни хормони. Недостаток на јод, тумор или некои други причини можат да доведат до нарушување на работата на тироидната жлезда, при што најчесто се јавуваат заболувања како: хипотироидизам, хипертироидизам и гушавост.Тирокалцитонинот (калцитонинот) учествува во регулацијата на метаболизмот на калциум и фосфор и има важна улога во процесот на развој на коските. Овој хормон стимулира вградување калциум во коските и зголемување на концентрацијата на фосфор во крвта.

Регулација на паратироидна жлезда

Активноста на паратироидните жлезди се регулира преку нивото на калциум во крвта според принципот на повратна врска. Намалената концентрација на калциум во крвта влијае директно врз паратироидните жлезди, така што стимулира зголемено лачење на паратхормонот. Додека, при зголемена концентрација на калциум во крвта се одвиваат обратни процеси. Доколку функцијата на паратироидните жлезди е намалена (хипофункција), тоа доведува до намалено ниво на калциум во крвта и се манифестира со грчење на мускулите (на рацете и лицето), односно со нервно-мускулна пренадразливост (хипокалциемичен тетанус). Ваквата состојбата се подобрува со примање паратхормон или калциум. При зголемена активност на паратироидните жлезди (хиперфункција) доаѓа до зголемено ослободување на калциумот од коските, како резултат на што настанува остеопороза.

Регулација на лачењето на хормоните од надбубрежните жлезди

Секрецијата на гликокортикоиди е регулирана според принципот на негативна повратна врска. Односно, намаленото ниво на кортизол во циркулацијата го поттикнува хипоталамусот за лачење на CRH. Стимулираната аденохипофиза лачи ACTH кој делува врз кората на надбубрежните жлезди и ги поттикнува за лачење гликокортикоиди. При зголемено ниво на гликокортикоиди во крвта, процесите се обратни. Секрецијата на алдостерон делумно е регулирана преку хипоталамус-хипофизарната врска. Регулацијата, главно се спроведува преку

повратна врска на системот ренин-ангиотензин-алдостерон. Имено, ренинот кој се лачи во бубрезите го активира ангиотензинот, а тој стимулира секреција на алдостерон.Од кората на надбубрежните жлезди, кај двата пола се секретира многу мало количество на полови хормони (андрогени и естрогени).

Секрецијата на катехоламините се регулира по нервен пат, и тоа преку директното стимулирање на симпатичкиот дел од вегетативниот нервен систем.

Регулација на ендокрините хормони од панкреасот

Лачењето на инсулинот и глукагонот е како резултат на промена на количеството на глукоза во крвта (гликемија). При зголемена концентрација на глукоза се стимулира секреција на инслулин. При намалена концентрација на глукоза се стимулира секреција на глукагон. Промените во секрецијата на хормоните се одвива до нормализирање на гликемијата.

ТЕРМОРЕГУЛАЦИЈА КАКО ХОМЕОСТАТСКИ МЕХАНИЗАМ

Механизам на хомеостаза

Терминот **хомеостаза** потекнува од двата збора homeo, што значи слично и stasis што значи постојано, а наједноставно означува одржување на постојана состојба.

Одржувањето рамнотежа на организмот при промени во надворешната и внатрешната средина се нарекува **хомеостаза** (пр. постојана телесна температура, константен крвен притисок и сл.). Практично хомеостазата претставува одржување стабилна средина на секоја клетка, а клетките најдобро функционираат при оптимани: температура, ниво на вода и концентрација на глукоза.

Живиот организам опстојува во услови на континуирани промени од внатрешната и надворешната средина, поради што е неопходно одржување на стабилна внатрешна рамнотежа (хомеостаза). Како што веќе знаете (тема 1) хомеостазата претставува процес со кој еден организам има тенденција за одржување на речиси константни услови во организмот, при промени во внатрешната и надворешната средина. Хомеостазата во организмот, пред сè се спроводува преку координација на нервниот и ендокриниот систем. Така, во организмот се одржува: глукозна хомеостаза, јонска и водна хомеостаза, хормонска и температурна хомеостаза и др. Главниот механизам со кој се воспоставува хомеостазата е повратната или „feedback“ врска, а според начинот на функционирањето и регулирањето, таа може да биде позитивна (регулира дел од органскиот систем) и негативна (се однесува на целиот органски систем).

Во делот што следи подетално ќе научите за терморегулацијата како хомеостатски механизам.



Како што знаете од претходно, оксидацијата на сите хранливи материи во организмот се врши преку низа биохемиски процеси, при кои се ослободува енергија и истата протекува на следниов начин:

Храна + кислород = јаглерод диоксид + вода + АТР + топлина

Човекот, како и сите цицачи, спаѓа во групата на хомеотермни организми и има способност за одржување на постојана телесна температура. Дел од продуцираната енергија е значајна за одржување на постојана температура на телото. Тоа значи дека сите метаболички процеси во клетките се одвиваат во услови на релативно константна внатрешна температура на телото (телесна температура) со што се обезбедува температурна хомеостаза.

Кај луѓето, нормалната телесна температура се движи во границите од 36,6 до 37,2 °C, но различни фактори можат да влијаат врз оваа вредност, вклучувајќи ја температурата на надворешната средина, хормоните, метаболичките состојби и болестите што доведува до зголемена или намалена телесна температура. Одржувањето на константна телесна температура зависи од надворешната температура, влажноста на воздухот, количината на мускулното ткиво, циркулацијата и др. Во одржување на постојана температурата на телото учествуваат кожата, сврзното ткиво, како и масното ткиво, кое е најдобар топлотен изолатор.

Човекот е **хомеотермен организам**, кој има способност за одржување на постојана телесна температура, со воспоставување на рамнотежа помеѓу процесите на **термолиза** (оддавање) и **термогенеза** (создавање) на топлина во организмот.

Дел од создадената енергија се троши за одржување на **постојаната телесна температура**.

Процеси на терморегулација

При промени на температурата во надворешната средина, секој хомеотермен организам ја одржува константна внатрешната температура со воспоставување рамнотежа помеѓу оддавањето (термолиза) и создавањето (термогенеза) на топлина во организмот. Тоа се остварува со промена на интензитетот на метаболичните процеси во клетките. Регулирањето на термолизата се нарекува **физичка терморегулација**, додека на термогенезата - **хемиска терморегулација** (шема 8.1). Одговорите на организмот при изложување на топла и ладна надворешна средина се наведени во табела 8.6.

Одржувањето на **оптимална телесна температура** е од особено значење за непречено нормално одвивање на метаболичките процеси.

Физичка терморегулација

Физиолошки, телесната температура кај човекот може да се зголеми при умерено до интензивно мускулно напрегање. Исто така, таа може да се зголеми и при некои заболувања, предизвикани од штетното влијание на вирусните и бактериски продукти. Покачувањето на температурата над 40 °C е штетно за здравјето на човекот.

Со *физичката терморегулација* се регулира термолизата, односно оддавањето на топлината од организмот во услови на покачена телесна температура (табела 8.6). Размената на топлина се одвива преку следните процеси [слика 8. 22]:

- **Зрачење (радијација)** претставува оддавање топлина преку зрачење на топлотни инфрацрвени зраци од организмот кон средината со пониска температура од телото.
- По пат на **испарување (евапорација)** во текот на 24 часа преку кожата и белите дробови испаруваат околу 600 ml вода. Овој начин се нарекува и неосетно испарување (перспиратио инсенсибилис). Потењето е форма на осетно испарување.
- Со **струење на воздухот (конвекција)** од телото се ослободува топлина во зависност од температурата на воздухот. Преку струењето на воздухот човекот може да загуби 12 % од телесната топлина.
- Со **кондукција** што претставува оддавање топлина со директно пренесување на топлината од телото на предметите со пониска температура. При контакт на две тела, топлината секогаш се пренесува од потоплиот кон поладниот предмет.

Треба да се напомене дека мал дел од телесната топлина човекот губи и преку урината и фецесот.

Термолизата се регулира со физичка терморегулација. Оддавањето на топлината се одвива преку: **зрачење** (радијација), **испарување** (евапорација), **струење на воздухот** (конвекција) и кондукција.

Хипотермија. При постепено намалување на телесната температура (под 35 °C) од 35 на 30 °C, настанува возбуденост и треперење, потоа следи дремливост и на крајот откажува мускулатурата. На телесна температура од 30 °C се губат свеста и рефлексите. Смрт настапува ако дојде до хипотермија на телото од 25 °C.



Слика 8.22 →
Механизми на оддавање на топлина од организмот.



Табела 8.6. Одговор на организмот при изложување на топло и ладно.

Изложување на топло	Изложување на ладно
Вазодилатација – артериолите го зголемуваат дијаметарот (се шират) и повеќе крв влегува во капиларите под кожата. Како резултат на тоа се губи топлина.	**Вазоконстрикција** – артериолите го намалуваат дијаметарот (се стеснуваат) и се намалува протокот на крв во кожата. Како резултат на тоа се задржува топлината
Потење – потните жлезди лачат пот. На тој начин (преку испарување на водата во потта) се губи голем дел од топлината.	**Тресење** – брза контракција и релаксација на скелетните мускули. Се создава топлина како резултат на метаболитичката активност во мускулното ткиво.
Релаксација – релаксирање на пилоерективните мазни мускули одговорни за исправување и спуштање на влакната во кожата. Влакната се налегнати до кожата.	**Пилоерекција** – контрахирање на мазните мускули одговорни за исправување и спуштање на влакната во кожата. Влакната се исправени, меѓу нив се задржува слој од топол воздух до телото.

Хемиска терморегулација

Намалената телесна температура или хипотермија, која е поретка, исто така е со штетни последици. Ако човекот се изложува на ладно, тогаш температурата на телото може преодно да се намали.

Хемиската терморегулација, како механизам предизвикан од намалување на температурата од надворешната средина се манифестира со промена на интензитетот на енергетскиот метаболизам. При изложување на ниска температура, организмот се бори против студ (табела 8.6) со хемиската терморегулација преку некои од следниве механизми:

- **Зголемен метаболизам и продукција на топлина** (основен извор на топлина во услови на хипотермија) се остварува преку дејството на тироксинот и адреналинот. Тироксинот влијае врз општиот катаболизам на органските материи во клетките и ослободување енергија. Адреналинот ја поттикнува мобилизацијата на гликогенот од црниот дроб, а со тоа се обезбедува глукоза за оксидација во клетките.
- **Зголемена активност на скелетната мускулатура** (тресење), која придонесува за зголемување на термогенезата (зголемена продукција на енергија во форма на топлина);

РАЗМИСЛИ ЗОШТО?

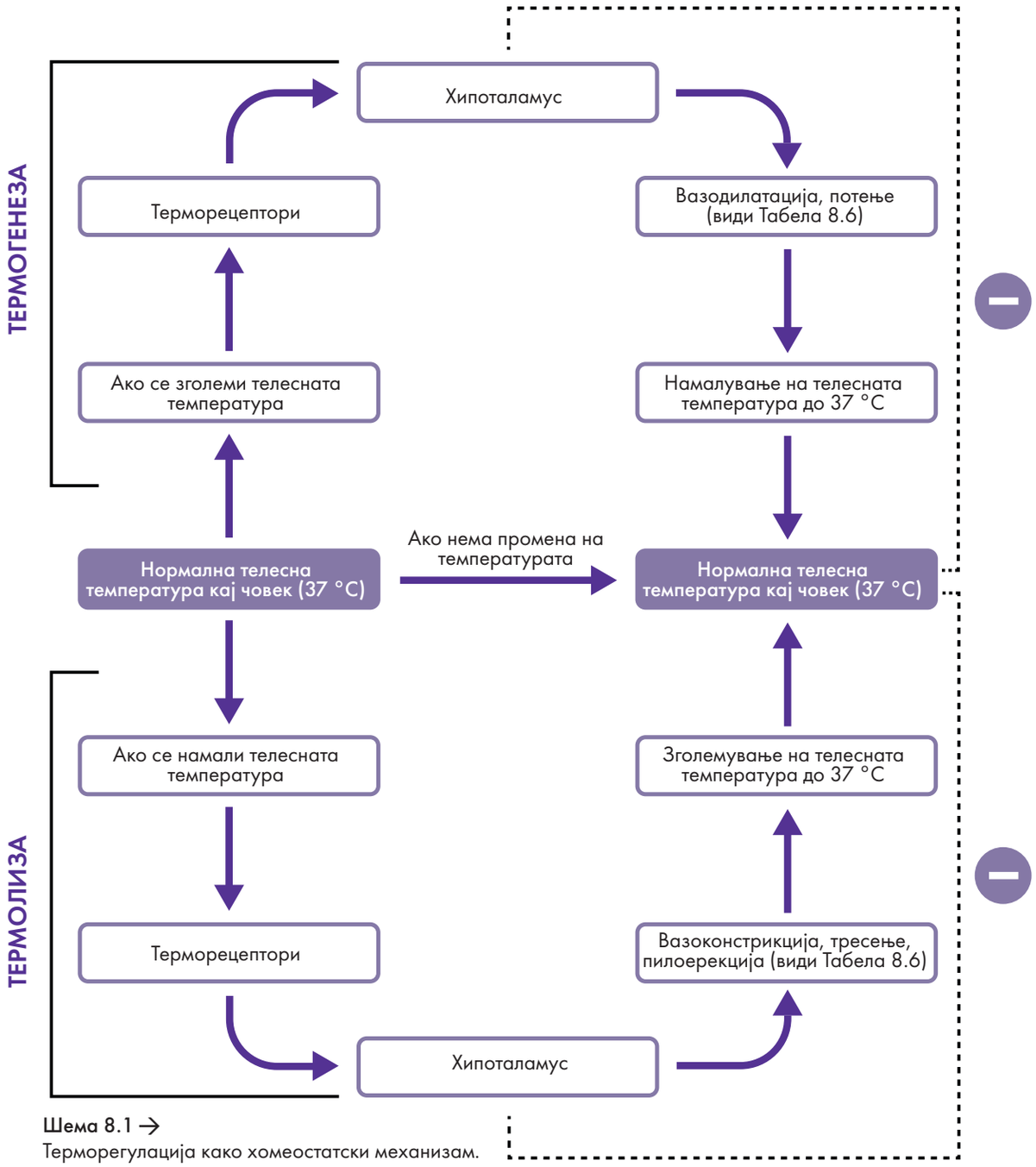
Потењето претставува еден од најефикасните начини на губење (ослободување односно ладење) топлина од организмот. Интензитетот на потењето зависи од температурата и влажноста на воздухот и генерално, телото повеќе се лади на топло-сува клима, отколку на топло-влажна клима.

Хемиската терморегулација се одвива преку следниве механизми: зголемен метаболизам и продукција на топлина, зголемена активност на скелетната мускулатура и ослободување на топлина од внатрешните органи.

Интересен податок

Значајна улога во хемиската терморегулација имаат скелетните мускули кои сочинуваат околу 40% од телесната маса, кои преку процесот на тресење и разградување на гликогенот обезбедуваат голема количина на енергија.

- **Ослободување топлина од некои внатрешни органи**, пред сè од црниот дроб, како метаболички најактивен орган. Во овој процес делумно учествуваат и бубрезите, срцето, белите дробови и цревата.



Шема 8.1 →
Терморегулација како хомеостатски механизам.



Улогата на нервниот систем во терморегулацијата

Функционирањето и активацијата на физичката и хемиската терморегулација е контролирано и регулирано од централниот нервен систем. Опсегот помеѓу зголемена и намалена телесна температура претставува хомеостатско плато - „нормален“ опсег што го одржува животот. Центарот за терморегулација е сместен во хипоталамусот. Активацијата или инхибицијата на центарот за терморегулација настанува при промена на температурата на крвта или кожата.

Терморецепторите (за ладно или топло) кои регистрираат промена на кожната температура или температурата на крвта испраќаат информации до центарот за терморегулација. Соодветно на тоа се активираат механизмите за термолиза или термогенеза (шема 8.1).

Централниот нервен систем ја контролира и регулира активацијата на физичката и хемиската терморегулација.

Центарот за терморагулација се наоѓа во хипоталамусот, кој се активира или инхибира при промена на температурата на крвта или на кожата.

Промените на температурата на кожата или на крвта ја регистрираат **терморецепторите**.

Кратка содржина

- Нервниот и ендокриниот систем учествуваат во контрола и регулацијата на сите животни процеси, односно воспоставување и одржување хомеостаза на организмот во целина.
- Нервниот систем се состои од централен дел (ЦНС) и периферен дел (ПНС). ЦНС се состои од 'рбетен и черепен мозок, а ПНС од нервите кои носат нервни импулси од органите до ЦНС и ганглиите и обратно. Периферниот дел е поделен на цереброспинален и вегетативен дел.
- Основна градбена единица на нервниот систем е нервната клетка, наречена неврон. Невроните имаат улога да ги спроведуваат нервните импулси низ телото.
- Нервната клетка е изградена од тело (невроцит), дендрити и аксони (нервни влакна). Невроцитот и дендритите ја градат сивата, а аксоните белата маса на нервното ткиво. Низ аксоните се пренесува нервниот импулс.
- Разлика во електричните потенцијали помеѓу внатрешната и надворешната средина на нервната клетката се нарекува мембрански потенцијал. Со доаѓање на импулсот, мембраната станува пропустлива за натриум, а со тоа доаѓа до промена на мембранскиот потенцијал, кој се менува во акциски потенцијал. При тоа калиумовите јони излегуваат надвор од клетката и настанува деполаризација на мембраната. Штом ќе заврши нервната стимулација, мембраната се реполаризира и клетката се враќа во мирување.
- Синапсата е физиолошка врска помеѓу две поларизирани мембрани и се состои од претсинаптичко нервно влакно, синаптичка пукнатина и постсинаптичко нервно влакно. Во синаптичката пукнатина се ослободува невротрансмитер кој го пренесува импулсот.
- Регулацијата и координација на функциите, нервниот систем ги врши преку четири нивоа: рецептор, нервни патишта, анализатор – нервен центар и ефектор.
- Приемници на дразбите се рецепторите (хеморецептори, механорецептори, терморецептори, фоторецептори).
- Звукот се прима преку фонорецептори кои се наоѓаат во сетилото за слух – уво. Во поглед на анатомската градба, увото се состои од надворешно, средно и внатрешно уво (во кој се наоѓаат рецепторите за слух – фонорецептори).
- Органот за вид (око) е изградено од: надворешна (рожница и белка), средна (шареница, цилијарно тело и садовница) и внатрешна обвивка (пигментен слој и мрежница), како и заштитни и помошни делови (очни капаци со трепки, очни мускули и солзен апарат). Фоторецепторите се наоѓаат окото. Тие содржат фотосензибилен пигмент родопсин, кој реагира на светлосни дразби. Сетилото за вид има способност за адаптација, за акомодација и за гледање во боја.
- Моторна единица (моторна плоча) е основна морфо-функционална единица на нервно-мускулната синапса која е составена од аксонски гранки на мотоневрон и мускулни клетки.
- Пренос на импулс од нервно на мускулно влакно се одвива во следниве етапи: импулс до аксон и ослободување ацетилхолин; создавање потенцијал; ширење и исчезнување на потенцијалот.
- Нервните спроводни патишта се дел од периферниот нервен систем. ПНС е поделен на автономен и соматски нервен систем. Автономниот нервен систем се сосотои од вегетативни ганглии и нерви и е задолжен за неволевите активности. За разлика од него, соматскиот дел учествува во волевите активности. Тој се состои од главени нерви (12 пара од черепниот мозок) и од спинални нерви (31 пар од рбетниот мозок).
- Секој нерв е изграден од аксони (нервни влакна) кои се обвиткани со обвивка. Според насоката во која ја пренесуваат нервната

дразба има: сензитивни, моторни и мешовити нерви (интерневрони).

- ЦНС и ПНС се поврзани преку нервни патишта. Еферентните патишта поаѓаат од нервните центри во кората и се движат преку супкортикалните јадра, кон ретикуларната формација од каде што преку продолжениот мозок се спуштаат во рбетниот мозок. Од предните рогови на рбетниот мозок излегуваат моторните нерви кои го носат нервниот импулс до ефекторите.
- Нервен центар претставува збир од повеќе неврони со кои се остварува некоја определена активност.
- Черепниот и рбетниот мозок се обвиткани со три мозочни обвивки. Нервното ткиво е изградено од сива и бела маса. Во рбетниот мозок, сивата маса е централно поставена и е обвиткана со бела маса. Во черепниот мозок, белата маса е распоредена во средишниот дела, а е обвиткана со сива маса.
- Черепниот мозок е составен од: продолжен мозок (*medulla oblongata*), меѓумозок (*diencephalon*) , среден мозок (*mesencephalon*), мал мозок (*cerebellum*), и голем мозок (*telencephalon*). На продолжениот мозок се надоврзува 'рбетниот мозок.
- Функцијата на виталните органи е регулирана од страна на вегетативниот нервен систем, а ефекторни органи се сите висцерални органи (со исклучок на срцето). Симпатикусот има центри во ЦНС и рбетниот мозок, и тој ја одржува хомеостазата преку ендокрините жлезди. Парасимпатичкиот дел се состои од нервни центри сместени во ЦНС, во јадрата на продолжениот мозок и во крсниот регион од рбетниот мозок.
- Рефлексот претставува реакција на организмот на примена специфична дразба без учество на волјата и свеста и претставува основен облик на физиолошката активност на нервниот систем. Рефлексите се поделени на условни и безусловни.
- Рефлексен лак претставува патот по кој се движи нервниот импулс од рецепторот до ефекторот. Рефлексниот лак има пет елементи: рецептор, сензитивен нерв, синапса, моторен нерв и ефектор.
- Ендокриниот систем е составен од ендокрини жлезди кои лачат специфични продукти – хормони, директно во крвта. Регулацијата на функцијата на органските системи која се остварува со активноста на ендокриниот, нервниот и циркулаторниот систем се нарекува нервно-хуморална регулација.
- Нервниот и ендокриниот систем се поврзани преку хипоталамусот и хипофизата, така што, хипоталамусот ја контролира функцијата на хипофизата. Хипофизата е поделена на три дела и од секој нејзин дел се секретираат различни хормони. Од аденохипофизата се лачат хормоните: TSH, ACTH, PRL, LH, FSH и STH. Од средниот дел се секретира MSH. Од неврохипофизата се секретираат окситоцинот и ADH.
- Од тироидната жлезда се лачат T4, T3 и тиреокалцитонин. Од надбубрежната жлезда се продуцираат група на хормони од кортексот (гликокортикоиди, минералокортикоиди и полови хормони) и од медулата-срцевината (адреналин и норадреналин). Од паратироидната жлезда се излачува PTH. Панкреасот лачи инсулин и глукагон. Епифизата го излачува хормонот мелатонин. Јајчниците лачат прогестерон и естрогени хормони, а тестисите лачат тестостерон.
- Кај хомеотермните организми, во кои спаѓа и човекот, телесната температура се одржува со физичка (термолиза) и хемиска терморегулација (термогенеза). Термилизата и термогенезата се регулираат преку центарот за терморегулација во хипоталамусниот дел од меѓумозокот, односно преку ЦНС.

ПРОВЕРЕТЕ ГО ВАШЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Наведете ги регулаторните системи во организмот на човекот!
2. Како е изграден нервниот систем и која е улогата на секој од неговите делови?
3. Основната единица во градбата на нервниот систем е нервната клетка или неврон. Опиши ја градбата на невронот!
4. Како се поделени невроните според нивната функција?
5. Што е мембрански потенцијал?
6. На кој начин се создава акциски потенцијал?
7. Која е разликата помеѓу деполаризирана и реполаризирана мембрана?
8. Направи споредба меѓу аксоните со Шванова и со миелинска обвивка!
9. Кои се нивоата на функционирањето на нервниот систем?
10. Што се рецептори и која е нивната улога?
11. Која е улогата на сетилото за мирис?
12. Опишете ја градбата на сетилото за слух заедно со функцијата на секој од неговите составни делови!
13. Како е изградено сетилото за вид? Опишете го начинот на кој се изведува гледањето!
14. Како е изградена синапсата и која е нејзината улога?
15. Што е моторна единица?
16. Која е улогата на нервните патишта?
17. Што е нервен центар?
18. Опишете ја грдабата и функцијата на секој од деловите на черепниот мозок!
19. Што е рефлекс? Наведете пример за условен и за безусловен рефлекс!
20. Како е изграден рефлексниот лак? Наведете пример!
21. Што е ендокрин систем и која е неговата улога?
22. Наведи ги ендокрините жлезди?
23. Кои видови хормони постојат во зависност од нивната хемиска структура?
24. Кои се хормоните кои се лачат од секоја ендокрина жлезда и која е нивната улога?
25. Што е повратна врска?
26. Наведи пример за позитивна и за негативна повратна врска!
27. Што е хомеостаза? Како се регулира?
28. Што е терморегулација и зошто е важна?
29. Кои се механизмите на одржување на константна телесна температура кај човекот?



9 Морфологија и физиологија на растенија

Во ова поглавје ќе учите за

Вегетативни органи
- Корен
- Стебло
- Лист

Репродуктивни органи
- Цвет
- Плод
- Семе

Фотосинтеза
- Хлоропласти

Транспорт на вода и минерални материи кај растенијата
- Апсорпција

Тропизми

ВЕГЕТАТИВНИ И РЕПРОДУКТИВНИ ОРГАНИ КАЈ РАСТЕНИЈАТА

Растителните организми кои се адаптираат на копнен начин на живеење формираат **вегетативни и репродуктивни** (**генеративни**) **органи**.

Вегетативни органи се **корен**, **стебло** и **лист** кои имаат главна улога во растот и исхраната на растенијата. Репродуктивни органи се **цвет**, **плод** и **семе** кои учествуваат во размножување на растенијата [слика 9.1].

ВЕГЕТАТИВНИ ОРГАНИ

Коренот е подземен орган кој го прицврстува изданокот за почвата. **Изданокот** е надземен дел од растението составен од стебло со листови и пупки. **Стеблото** го поврзува коренот со надземните растителни органи. **Листовите** се наоѓаат на стеблото и содржат зелен пигмент хлорофил кој учествува во процесот на фотосинтеза.

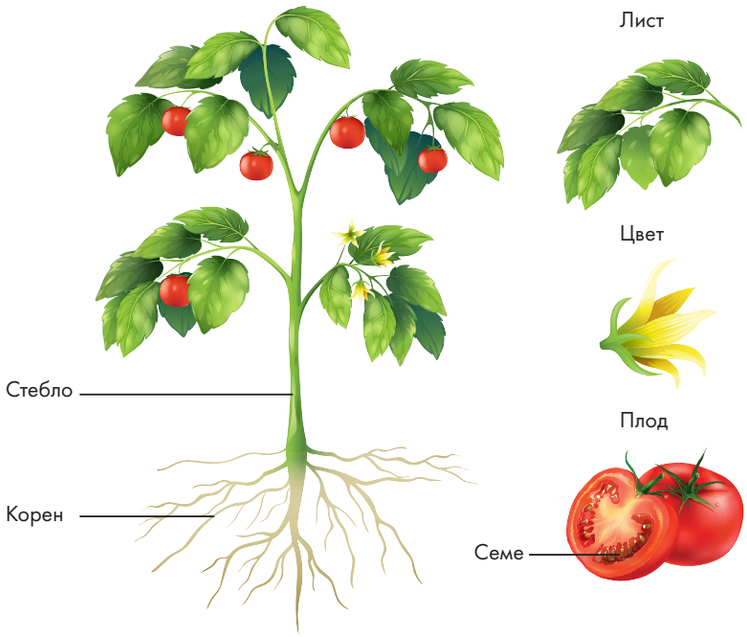
Растенија кои живеат на копно формираат вегетативни и репродуктивни органи.

Вегетативни органи се корен, стебло и лист.

Вегетативните органи учествуваат во раст и исхрана на растенијата.

Репродуктивни или генеративни органи се цвет, плод и семе.

Репродуктивните органи учествуваат во размножување на растенијата.



Слика 9.1 →
Вегетативни и репродуктивни органи кај растенијата.

Корен

Коренот е орган карактеристичен за сите растенија и негова главна функција е апсорпција на вода и минерални материи од почвата. Растенијата со понизок еволутивен степен (алги и мовови) немаат корен и неговата функција ја извршуваат издолжени клетки познати како **ризоиди**.

Морфолошка градба на корен

Коренот е изграден од **главен корен** кој преку **вратот на коренот** се поврзува за стеблото. Од главниот корен се формираат голем број **странични корени** кои заедно со главниот корен формираат **коренов систем**.

Кореновиот систем може да биде [слика 9.2]:

- **Осен (вретеновиден)** каде што главниот корен е доминантен и силно развиен за разлика од страничните корени,
- **Жилест (брадест)** кој нема главен корен и се формира од адвентивни корени кои се развиваат од стеблото или листот.



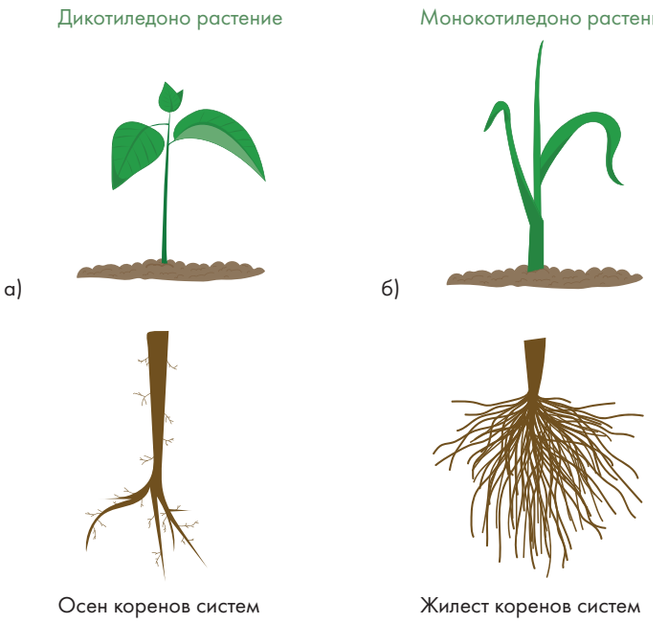
Осен коренов систем имаат сите голосемени растенија, како и повеќе **дикотиледони растенија** (морков, луцерка, памук), а жилест коренов систем имаат **монокотиледоните растенија** (житни култури).

Коренот е подземен, а **изданокот** е надземен дел од растението.

Во коренот се врши апсорпција на вода и минерални материи од почвата.

Главниот корен и **страничните корени** го сочинуваат **кореновиот систем**.

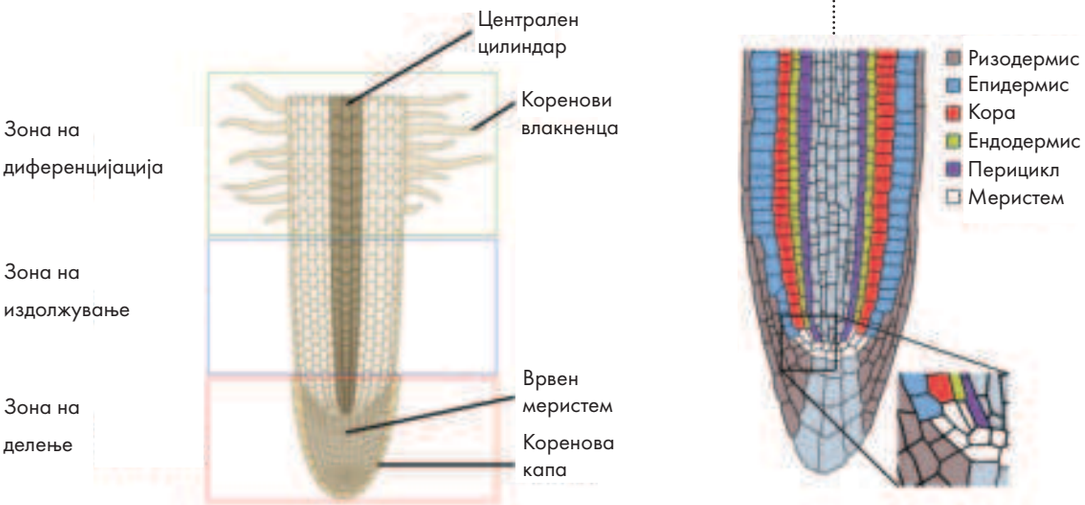
Коренови системи се **осен** кај дикотиледони и **жилест** кај монокотиледони.



Слика 9.2 →
Осен (а) и жилест (б) коренов систем кај растенијата.

Примарна анатомска градба на корен

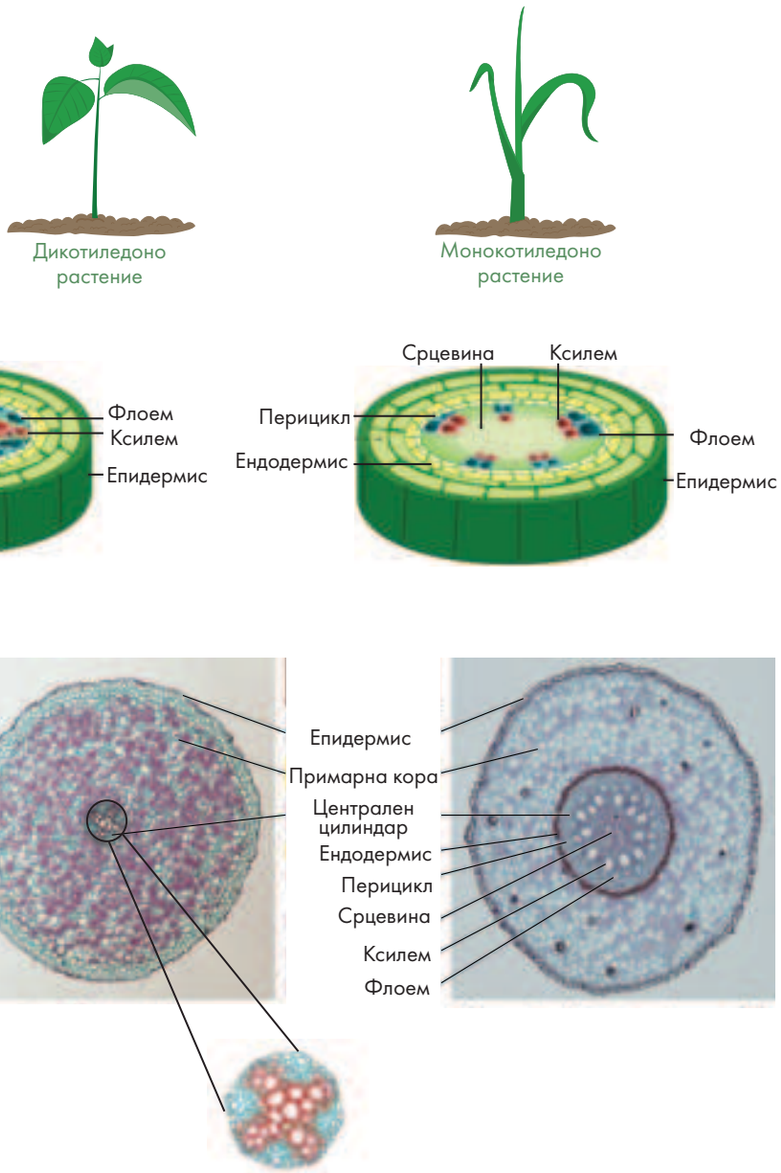
На надолжен пресек на коренот се разликуваат три зони [слика 9.3]:



Слика 9.3 →
Надолжен пресек на корен.

Коренот е изграден од ризодермис, примарна кора, перицикл и паренхим на централен цилиндар.

- **Прва зона на делење** на клетките (**врвен меристем**) со која коренот расте во должина и е заштитена со коренова капа (**калиптра**).
- **Втора зона на издолжување** на клетките која продолжува од врвниот меристем.
- **Трета зона на диференцијација** на клетките од која се формираат на **коренови влакна**.



Слика 9.4 →
Примарна анатомска градба на корен.



На напречен пресек на коренот кај дикотиледоните растенија се разликуваат надворешни и внатрешни ткива [слика 9.4].

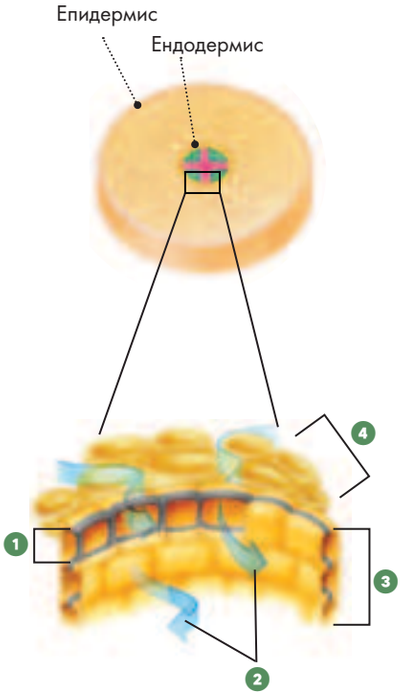
А. Надворешни ткива

1. **Примарно покривно ткиво (ризодермис)** кое учествува во апсорпција на вода и минерални материи од почвата.
2. **Примарна кора** составена од:
   - **епидермис** претставен со густо збиени клетки со задебелени клеточни ѕидови кои имаат заштитна функција,
   - **паренхим на примарна кора** кој се наоѓа под епидермисот и служи за складирање на резервни материи,
   - **ендодермис** составен од клетки со задебелени клеточни ѕидови (**Каспариев појас**) кои селективно ги пропуштаат водата и минералните материи [слика 9.5].

Б. Внатрешни ткива (**централен цилиндар**)

1. **Перицикл** составен од клетки кои се делат и формираат странични корени.
2. **Паренхим на централен цилиндар** во кој е сместен спроводниот систем (примарен ксилем и флоем) претставен со радијално спроводно снопче.

Кај **монокотиледоните растенија**, во средината на централниот цилиндар се наоѓа паренхимско ткиво познато како **срцевина** на коренот [слика 9.4].

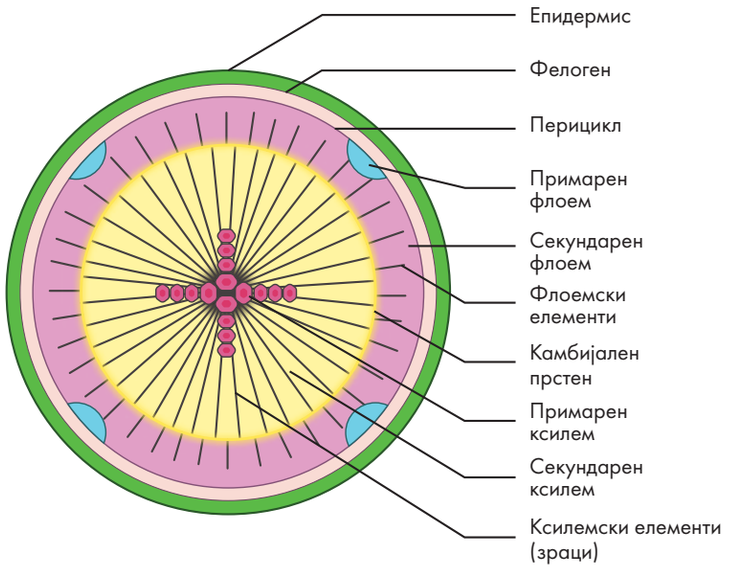


1. Каспариев појас
2. Ендодермис
3. Транспорт на вода низ ендодермис
4. Примарна кора

Слика 9.5 →
Транспорт на вода и минерални материи низ ендодермис на коренот.

Секундарна анатомска градба на корен

Примарната градба на коренот се задржува до крајот на животот на растенијата. Кај голем број растенија (дикотиледони и голосемени растенија) настануваат промени во градбата на коренот познати како **секундарна градба на коренот** [слика 9.6]. Овие промени потекнуваат од клетките на перициклот кои се диференцираат во **секундарни меристемски ткива** познати како **камбиум** и **фелоген**. Со делба на клетките на камбиумот (камбијален прстен), кон надворешната страна се формира **секундарна кора** (секундарен флоем), а кон внатрешната страна се образува **секундарно дрво** (секундарен ксилем). Со делба на клетките на фелогенот се формира **перидермис** како секундарно покривно ткиво.



Слика 9.6 →
Секундарна анатомска градба на корен.

Стеблото обезбедува цврстина на растението.

Стебло

Стеблото обезбедува механичка цврстина на растението. Основна функција на стеблото е транспорт на вода и неоргански минерални материи од коренот до надземните делови на растението (ксилем) и транспорт на органските соединенија добиени при процесот на фотосинтеза од листот кон коренот (флоем).

Во стеблото се врши транспорт на вода и неоргански материи (ксилем) и органски материи (флоем).

Морфолошка градба на стебло

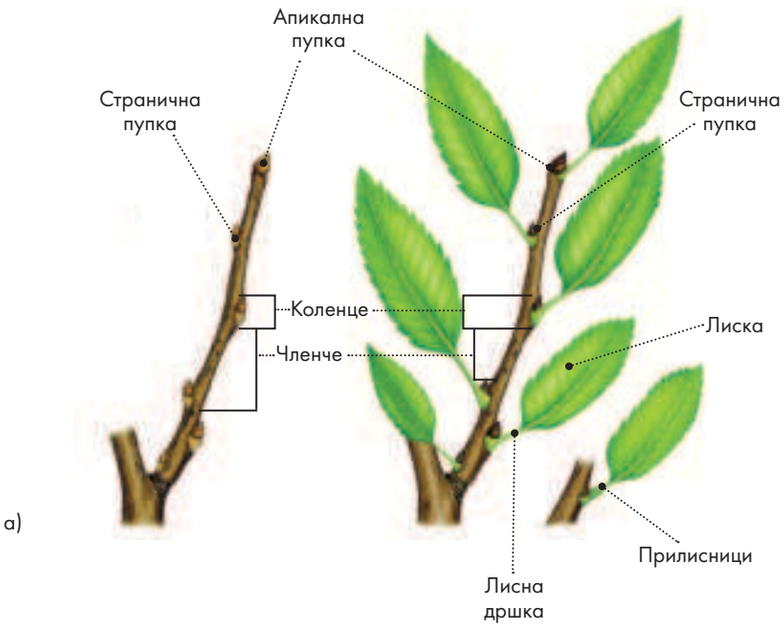
Изданокот е неразгрането стебло со листови и пупки.

Изданокот претставува неразгрането **стебло** со листови и пупки [слика 9.7 а]. Пупката е составена од врвен или апикален меристем [слика 9.7 б], од чии клетки со делба се формираат зачетоци на:

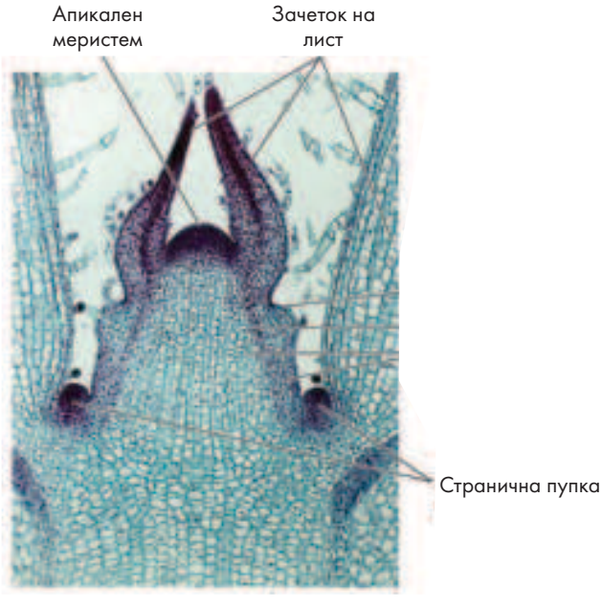
1. **стебло**,
2. **листови**,
3. **странични (пазувни) пупки**.

Местата на стеблото од кои излегуваат листовите се познати како **коленца** (нодиуми), а делот од стеблото помеѓу два ноидиума се вика **членче** (интернодиум).





а)

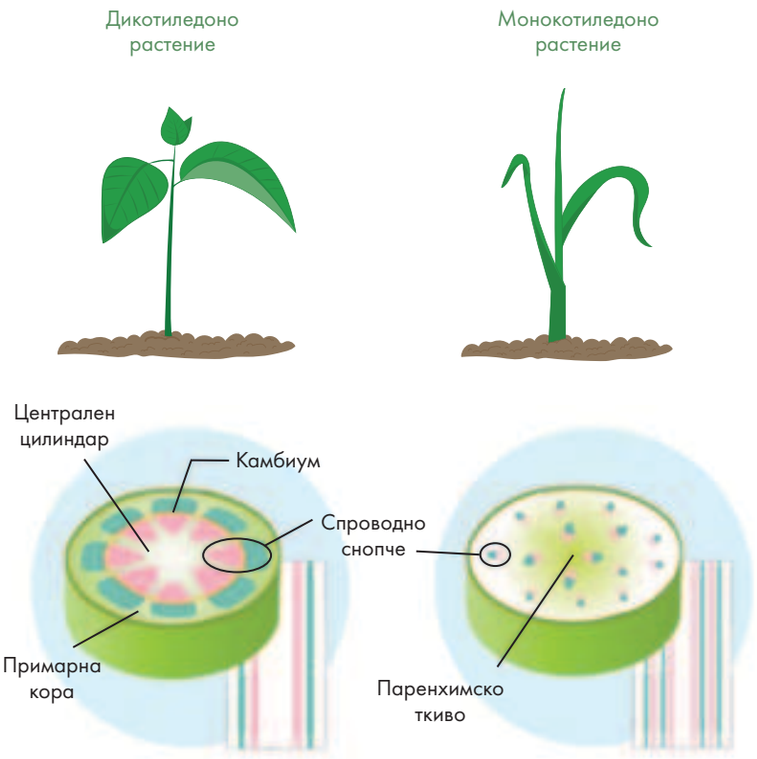


б)

Слика 9.7 →
Морфолошка градба на изданок (а) и пупка (б).

Примарна анатомска градба на стебло

Примарната анатомска градба на стеблото може да се забележи на напречен пресек [слика 9.8]. Анатомската градба на стеблото се разликува кај дикотиледоните и монокотиледоните растенија. Примарната анатомска градба на стеблото кај **дикотиледоните** растенија опфаќа поделба на надворешни и внатрешни ткива [слика 9.9].



Слика 9.8 →
Примарна анатомска градба на стебло.

Примарната градба на стеблото кај **дикотиледоните** е претставена со **епидермис**, **примарна кора**, **ендодермис**, **перицикл и паренхим**.

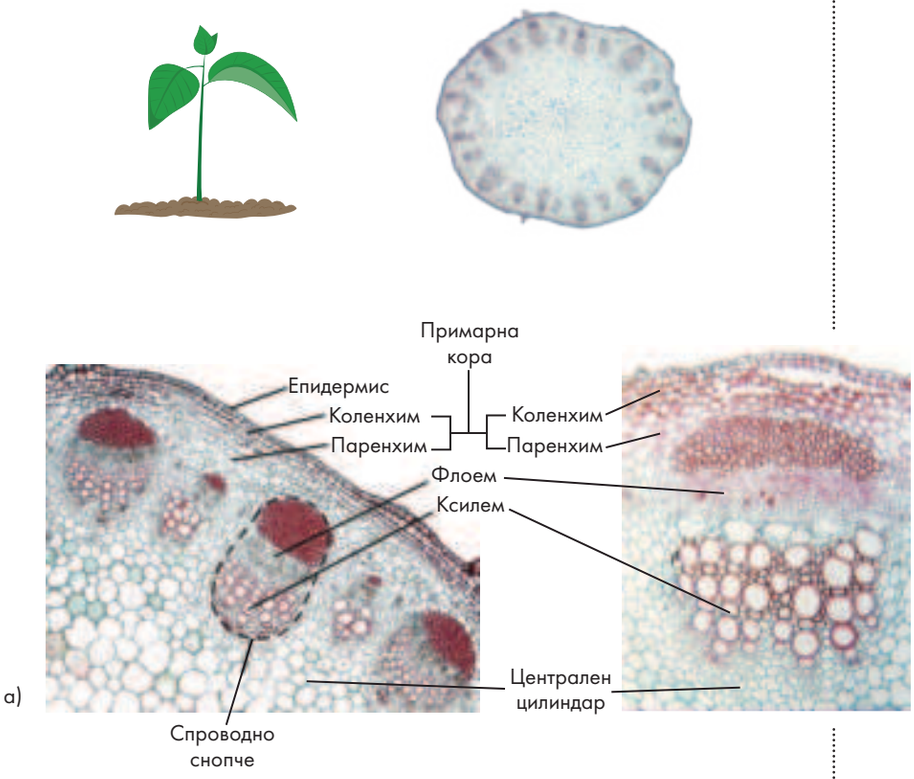
А. Надворешни ткива

1. **Примарно покривно ткиво** (епидермис),
2. **Примарна кора** составена од:
   - **механичко ткиво (коленхим)**, претставено со тенок слој на клетки кои даваат цврстина и еластичност,
   - **паренхимско ткиво** кое има хлоропласти и складира резервни материи.
3. **Ендодермис** претставен со клетки во кои се складира скроб.

Б. Внатрешни ткива (**централен цилиндар**)

1. **Перицикл** составен од меристемски клетки кој се наоѓа веднаш под ендодермисот.
2. **Паренхимско ткиво** кое го исполнува централниот цилиндар и во него се наоѓаат спроводните снопчиња (**примарен ксилем и флоем**) кои можат да бидат **отворени колатерални** и распоредени во еден концентричен круг или **биколатерални**, односно распоредени во два круга.





Слика 9.9 →
Напречен пресек на стебло кај дикотиледони (а) и монокотиледони (б) растенија.

Примарната градба на стеблото кај **монокотиледоните** е претставена со **епидермис**, **хиподермис** и **паренхимско ткиво**.

Ксилемот е изграден од **трахеиди** и **трахеи**, а флоемот е составен од **ситести клетки**, **ситести цевки** и **клетки придружнички**.



Слика 9.10 →
Спроводен систем кај растенијата претставен со ксилем и флоем.

Примарната анатомска градба на стеблото кај **монокотиледоните** растенија опфаќа [слика 9.9]:

1. **Примарно покривно ткиво** (епидермис),
2. **Примарна кора** (хиподермис) составена од механичко ткиво **(склеренхим)**,
3. **Паренхимско ткиво** кое не е јасно одвоено од централниот цилиндар поради тоа што отсуствува ендодермис и перицикл. Спроводните снопчиња се **затворени колатерални** и дифузно распоредени во паренхимот.

Спроводниот систем кај растенијата е претставен со ксилемски и флоемски елементи [слика 9.10].

Ксилемските спроводни елементи во растението се:

1. **трахеиди** кои претставуваат тесни и издолжени мртви клетки со коси или остри краеви кои имаат задебелени клеточни ѕидови и се поврзуваат во вертикална низа,
2. **трахеи** се ксилемски цевки составени од повеќе вертикално поврзани клетки чии напречни прегради се перфорирани или целосно разградени.

Флоемските спроводни елементи се изградени од:

1. **ситести клетки** кои претставуваат издолжени и тенки живи клетки со заострени краеви,
2. **ситести цевки** кои се изградени од повеќе вертикално наредени клетки, слични на ситестите клетки,
3. **клетки придружнички** кои се потесни клетки и ги придружуваат елементите на ситестите цевки.

Ксилемот и флоемот кај растенијата се групирани во **отворени** и **затворени спроводни снопчиња** [слика 9.11]. Кај отворените спроводни снопчиња, помеѓу ксилемот и флоемот се наоѓа меристемско ткиво (снопчест камбиум). Кај затворените спроводни снопчиња, камбиумот отсуствува и целосно се диференцира во спроводни садови.

Според распоредот на ксилемските и флоемските спроводни елементи, спроводните снопчиња можат да бидат:

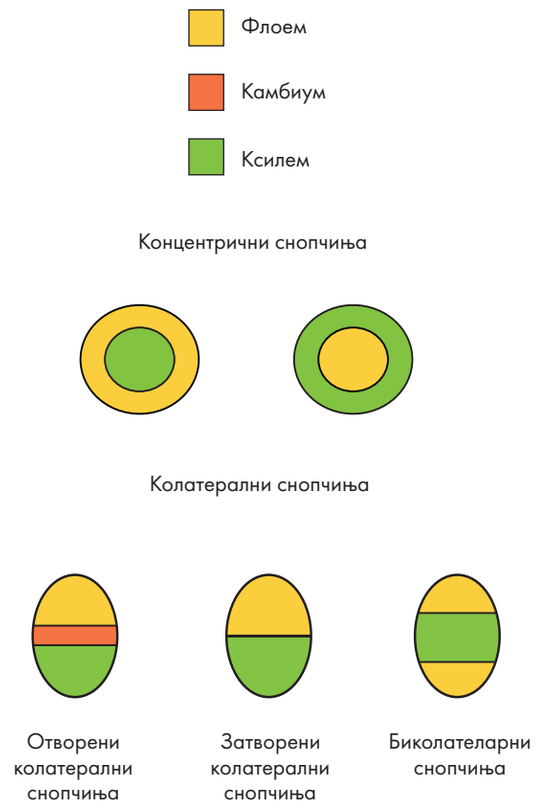
- **концентрични снопчиња** – ксилемот и флоемот имаат концентричен распоред,
- **колатерални снопчиња** – ксилемот и флоемот се распоредени на ист радиус еден наспроти друг, при што флоемот е поставен надворешно, а ксилемот се наоѓа од внатрешната страна,



- **биколатерални снопчиња** – флоемот е поставен од двете страни на ксилемот и е познат како надворешен и внатрешен флоем,
- **радијални снопчиња** – ксилемот и флоемот се наизменично распоредени во форма на зраци.

Ксилемот и флоемот се групираат во отворени и затворени спроводни снопчиња.

Спроводните снопчињата можат да бидат концентрични, колатерални, биколатерални и радијални.



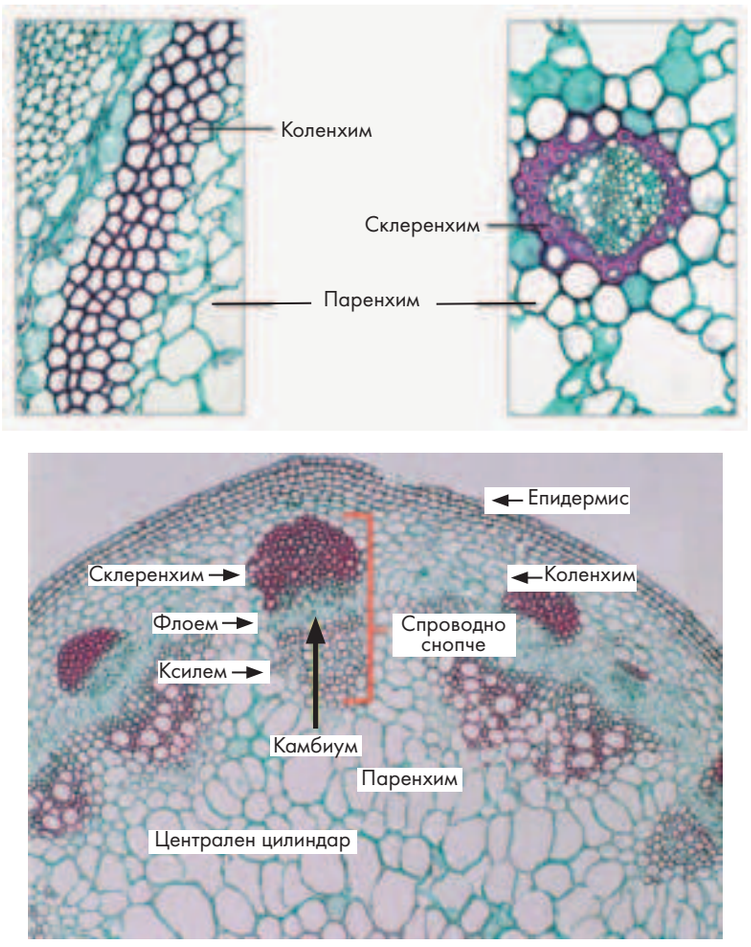
Слика 9.11 →
Типови на спроводни снопчиња.

Механички ткива претставени со коленхим и склеренхим [слика 9.12] ги опкружуваат и заштитуваат спроводните снопчиња. **Коленхимското ткиво** е изградено од живи клетки со задебелени клеточни ѕидови и се наоѓа непосредно под епидермисот. Склеренхимското ткиво е составено од мртви склеренхимски влакна и склереиди. **Склеренхимските влакна** се вретеновидни клетки со заострени краеви и силно задебелени клеточни ѕидови. **Склереидите** се клетки со одрвенети клеточни ѕидови кои се богати со пори. Механичките ткива се одговорни за цврстина и еластичност на растенијата.

Механичките ткива претставени со коленхим и склеренхим обезбедуваат цврстина и еластичност на стеблото.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Највисокото дрво на светот е џиновската секвоја висока 115 метри и се наоѓа во Калифорнија.

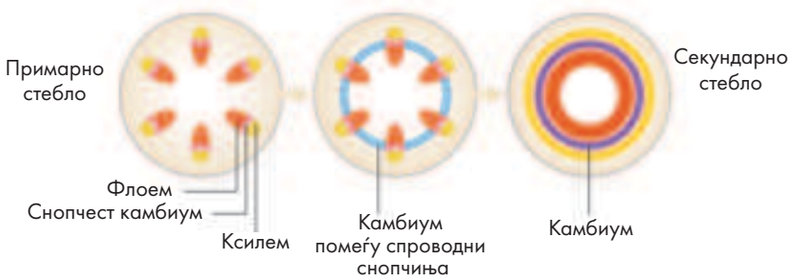


Слика 9.12 →
Механички ткива кај растенијата претставени со коленхим и склеренхим.

Секундарна анатомска градба на стебло

Секундарната градба на стеблото е претставена со камбиум и фелоген.

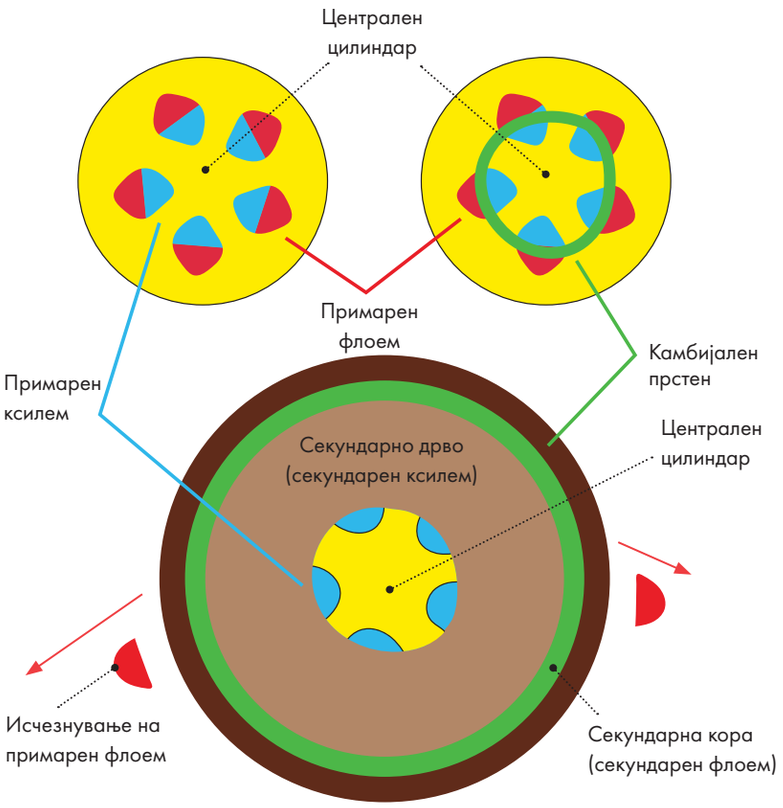
Секундарната анатомска градба на стеблото потекнува од активноста на секундарните меристемски ткива **(камбиум и фелоген)**. Снопчестиот камбиум помеѓу спроводните снопчиња се поврзува и формира непрекинат **камбијален прстен** [слика 9.13].



Слика 9.13 →
Формирање на камбијален прстен кај стебло.



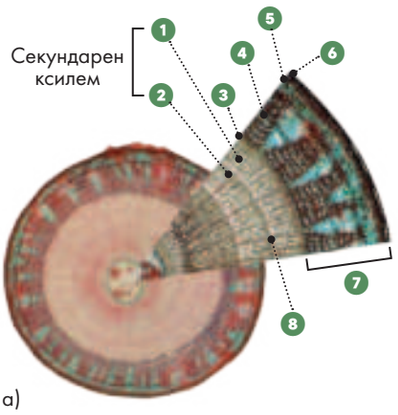
Со делба на клетките од камбијалниот прстен [слика 9.14] кон надворешната страна се формира **секундарна кора** (секундарен флоеm), а кон внатрешната страна се образуваат елементите на **секундарно дрво** (секундарен ксилем).



Слика 9.14 →
Формирање на секундарна кора и секундарно дрво кај стебло.

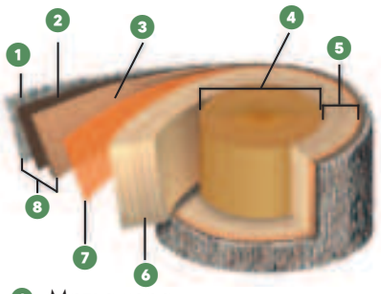
Камбиумот не е активен преку целата година и неговата активност е периодична (се активира во пролет, а престанува на крајот од вегетативниот период). Сезонската активност на камбијалниот прстен [слика 9.15] во текот на една година овозможува формирање на концентрични прстени познати како **годишни слоеви (годови)**. Всушност, годот го претставува годишниот прираст на дрвената маса која е претставена како пролетно дрво (посветла боја) и есенско дрво (потемна боја). Со делба на клетките на фелогенот се формира **перидерм или мртва кора**. Секундарната градба на стеблото се формира како резултат на неговото секундарно растење во дебелина, каде што секундарната кора и секундарното дрво ја даваат масата на стеблото.

Сезонската активност на камбиумот овозможува формирање на **годишни слоеви** (**годови**).



а)

1. Есенско дрво
2. Пролетно дрво
3. Камбиум
4. Секундарен флоеm
5. Фелоген
6. Перидермис
7. Секундарна кора
8. Ксилемски елементи (зраци)



б)

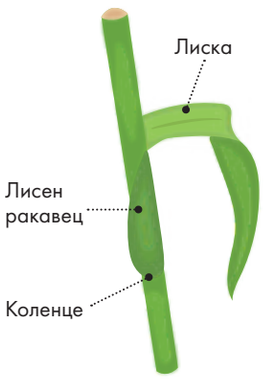
1. Мртва кора
2. Фелоген
3. Секундарен флоеm
4. Мртво секундарно дрво
5. Секундарно дрво
6. Секундарен ксилем
7. Камбиум
8. Секундарна кора

Слика 9.15 →
Секундарна анатомска градба на стебло.

Во листот се одвиваат процесите на транспирација, размена на гасови и фотосинтеза.



а) Дикотиледоно растение



б) Монокотиледоно растение

Слика 9.16 →
Морфолошка градба на лист кај растенијата.

Листот е составен од лиска, лисна дршка и лисна основа.

Нерватурата на листот може да биде мрежеста или паралелна.

Лист

Листот е вегетативен орган во кој се одвиваат процесите на транспирација (оддавање вода во форма на водена пара), размена на гасови (O_2 и CO_2) и фотосинтеза (создавање на органски соединенија кои служат за исхрана на растенијата).

Морфолошка градба на листот

Листот кај дикотиледоните растенија е составен од [слика 9.16]:

1. **лиска (лисна плоча)** која опфаќа најголем дел од површината на листот,
2. **лисна дршка** која ја прикрепува лиската за стеблото,
3. **лисна основа** е местото на поврзување на листот за стеблото.

Кај **монокотиледоните** (пченка, пченица, ‘рж, јачмен), лисната основа и лисната дршка формираат **лисен ракавец** [слика 9.16], кој целосно го опфаќа интернодиумот на стеблото. Кај некои растенија од лисната основа се формираат мали листовидни творби наречени **прилисници**.

Нерватура на листот

По целата површина на лиската се наоѓаат голем број спроводни снопчиња **(жили)** кои ја претставуваат **нерватурата на листот** [слика 9.17]. Листовите кај дикотиледоните имаат **мрежеста нерватура** со една главна жила (среден нерв) од која се разгрануваат странични помали жили. Листовите кај **монокотиледоните** имаат **паралелна нерватура** со еднакво развиени и паралелно поставени жили низ целата должина на листот.



А. Мрежеста нерватура



Б. Паралелна нерватура

Слика 9.17 →
Нерватура кај лист на растенија.



Видови на листови

Листовите се карактеризираат со голема варијабилност во однос на нивната форма и големина, како и распоредот на стеблото. Зависно од бројот на лисни плочи што се наоѓаат на една лисна дршка [слика 9.18], листовите се делат на:

1. **прости листови** со една лисна плоча,
2. **сложени листови** со повеќе лисни плочи на една лисна дршка.



Слика 9.18 →
Видови на листови.

Распоредот на листовите [слика 9.19] низ должината на стеблото може да биде:

- **спирален распоред** кога од секој нодиум излегува само еден лист,
- **наспрамен распоред** кога од нодиумите излегуваат два листа поставени еден наспрема друг,
- **прешленест распоред** кога од нодиумите излегуваат повеќе од два листа.

Анатомска градба на лист

На напречен пресек во листот се забележуваат **епидермис** и **мезофилно ткиво** [слика 9.20].

Епидермис е примарно покривно ткиво на листот што се диференцира на горен и долен епидермис. Горниот епидермис е заштитен со подебела кутикула, а долниот епидермис има потенка **кутикула**. Листовите поседуваат **стоми** кои најчесто се распоредени во долниот епидермис. Стомите се изградени од две **стомини клетки** (во форма на зрно грав) кои формираат **стомин отвор**, а околу стомите се наоѓаат **клетки придружнички**.

Прости листови имаат една лисна плоча, а сложени листови имат повеќе лисни плочи.

Листовите низ стеблото може да имаат спирален, наспрамен и прешленест распоред.



Слика 9.19 →
Распоред на листови по должина на стеблото.

Листот е изграден од епидермис и мезофил составен од палисадно и сунѓересто ткиво.

Епидермисот е покривно ткиво на листот заштитен со кутикула.

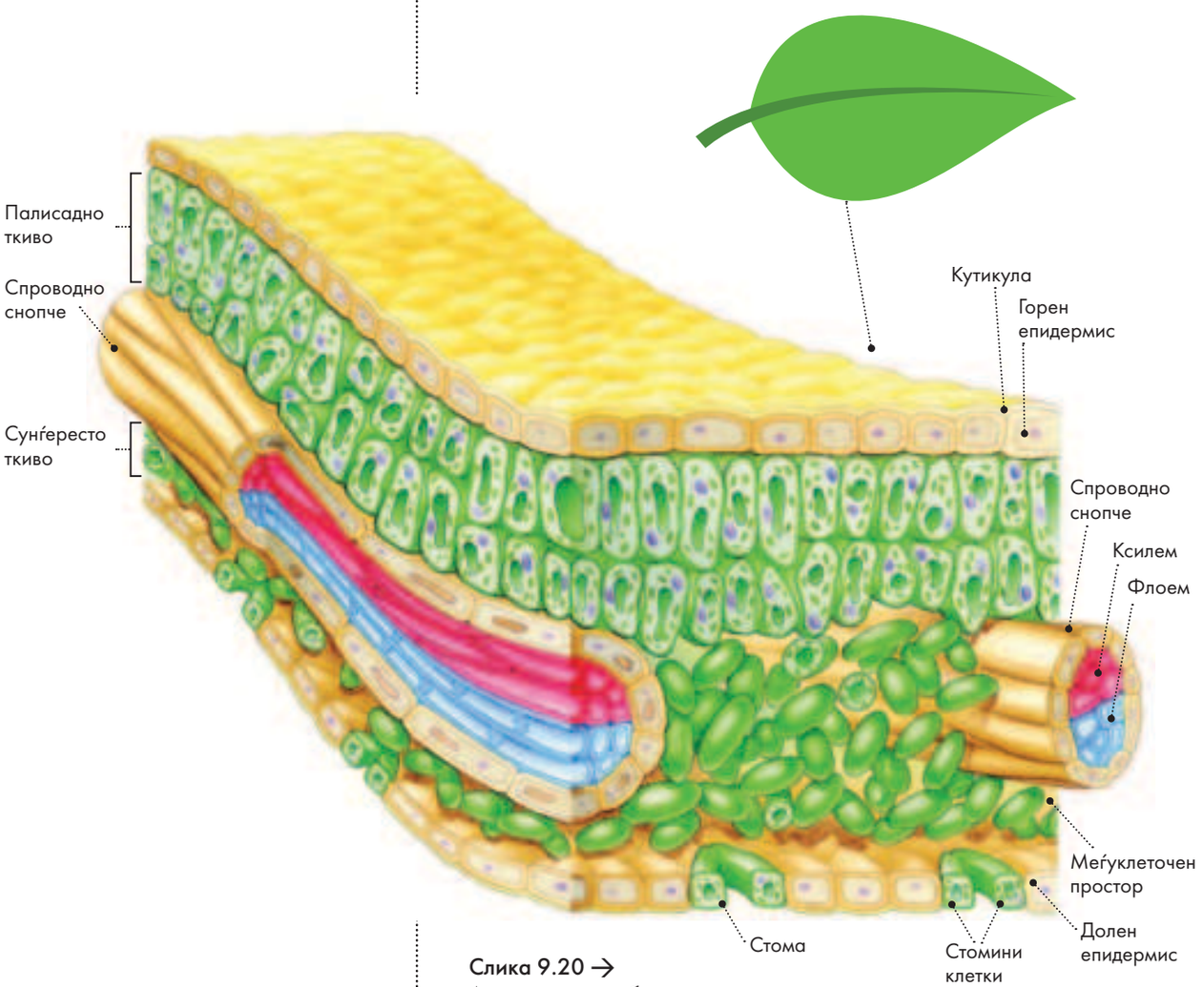
Процесите на транспирација и размена на гасови се одвиваат преку стомите.

Мезофилното ткиво се состои од три различни ткива [слика 9.20].

1. **Палисадно паренхимско ткиво**, составено од густо збиени цилиндрични клетки богати со хлоропласти кои претставуваат главно место за одвивање на фотосинтезата.
2. **Сунѓересто паренхимско ткиво**, со големи меѓуклеточни простори кое се наоѓа под палисадното ткиво и се состои од тркалезни клетки кои содржат помалку хлоропласти во кои се одвиваат процесите на фотосинтеза и размена на гасови.
3. **Спроводно ткиво**, претставено со спроводни снопчиња од ксилем и флоем.

Палисадното ткиво е составено од густо збиени клетки богати со хлоропласти.

Сунѓерестото ткиво е составено од тркалезни клетки со помалку хлоропласти.



Слика 9.20 →
Анатомска градба на лист.



РЕПРОДУКТИВНИ (ГЕНЕРАТИВНИ) ОРГАНИ

Репродуктивните органи (цвет, плод и семе) служат за полово размножување на растенијата. Во **цветот** се формираат **машки** и **женски полови клетки** (**гамети**) кои учествуваат во процесот на **оплодување**, при што се создава **семе** и **плод**.

Во цветот се формираат машки и женски полови клетки кои учествуваат при оплодување.

Цвет

Со активноста на врвното меристемско ткиво на стеблото се формира цветот. Цветот е прикрепен за стеблото преку **цветна дршка** која завршува со проширен дел наречен **цветна ложа** на која се распоредени цветните елементи [слика 9.21]. Цветовите кај растенијата можат да бидат собрани во **соцветија**. Цветните елементите се поделени на **заштитни** и **репродуктивни цветни елементи**.

Цветот е составен од цветна дршка и цветна ложа со цветни елементи.

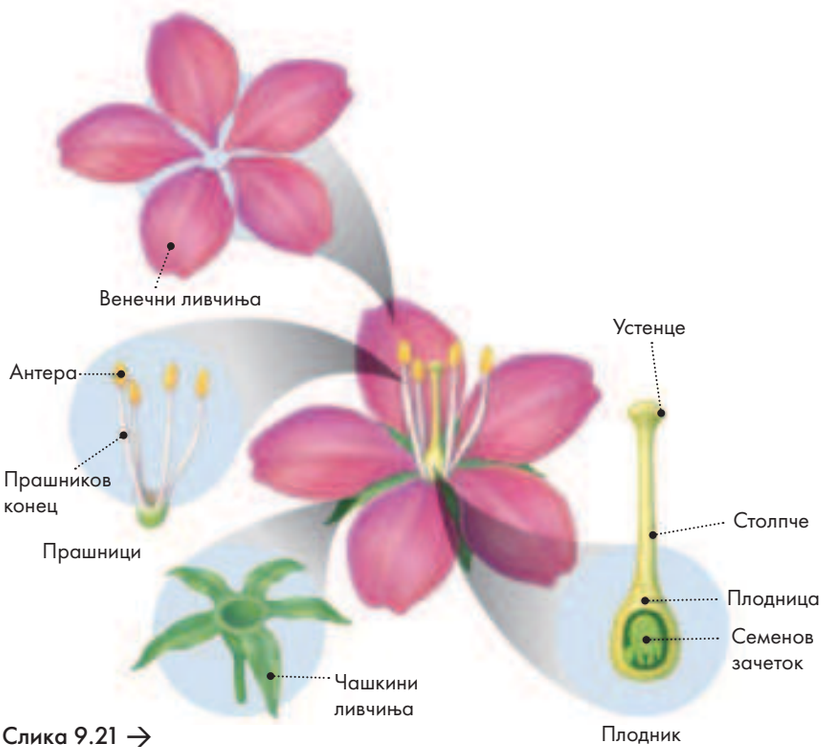
Цветните елементи се поделени на заштитни и репродуктивни.

Заштитни цветни елементи

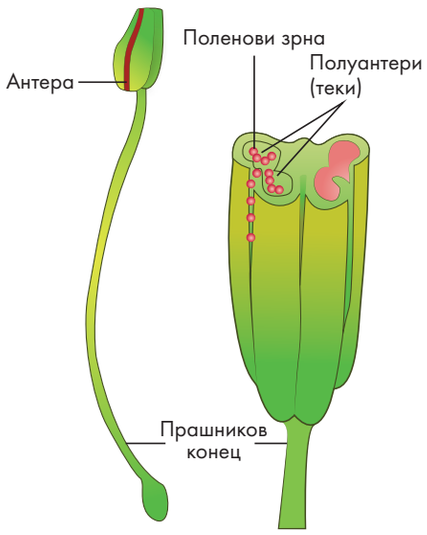
Заштитните цветни елементи [слика 9.21] се познати како **околуцветник** кој може да биде сложен околуцветник (**перијант**) и прост околуцветник (**перигон**).

Заштитни цветни елементи се чашкини и венечни ливчиња.

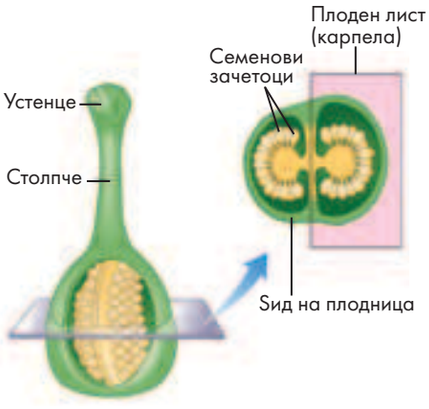
Репродуктивни цветни елементи се прашници и толчник.



Слика 9.21 →
Морфолошка градба на лист.



Слика 9. 22 →
Морфолошка градба на прашник.



Слика 9.24 →
Морфолошка градба на плодник.

Прашникот е составен од прашников конец и антера.

Збирот на сите прашници во цветот се вика андрецеум.

Во антерите се одвива микроспорогенеза или созревање на поленовите зрна.

- **Перијантот** е составен од **чашка** со **чашкини ливчиња** (**прв круг**) и **венче** со **венечни ливчиња** (**втор круг**). Чашкините ливчиња, најчесто од две до пет на број, имаат зелена боја. Венечните ливчиња се повеќе од две на број во различни живи бои и можат да бидат слободни или сраснати.
- **Перигонот** е составен од два круга на ливчиња кои имаат иста форма, големина и боја, а можат да бидат слободни или сраснати. Перигонот составен од ливчиња кои личат на чашкините ливчиња се нарекува **чашковиден перигон** (коприва, црница), а перигонот со слична морфологија на венечните ливчиња се нарекува **венчевиден перигон** (лале, перуника).

Репродуктивни цветни елементи

Репродуктивни цветни елементи се:

- **прашници** (**микроспорофили**),
- **толчник или плодник** (**макроспорофили**).

Морфолошка градба на прашник

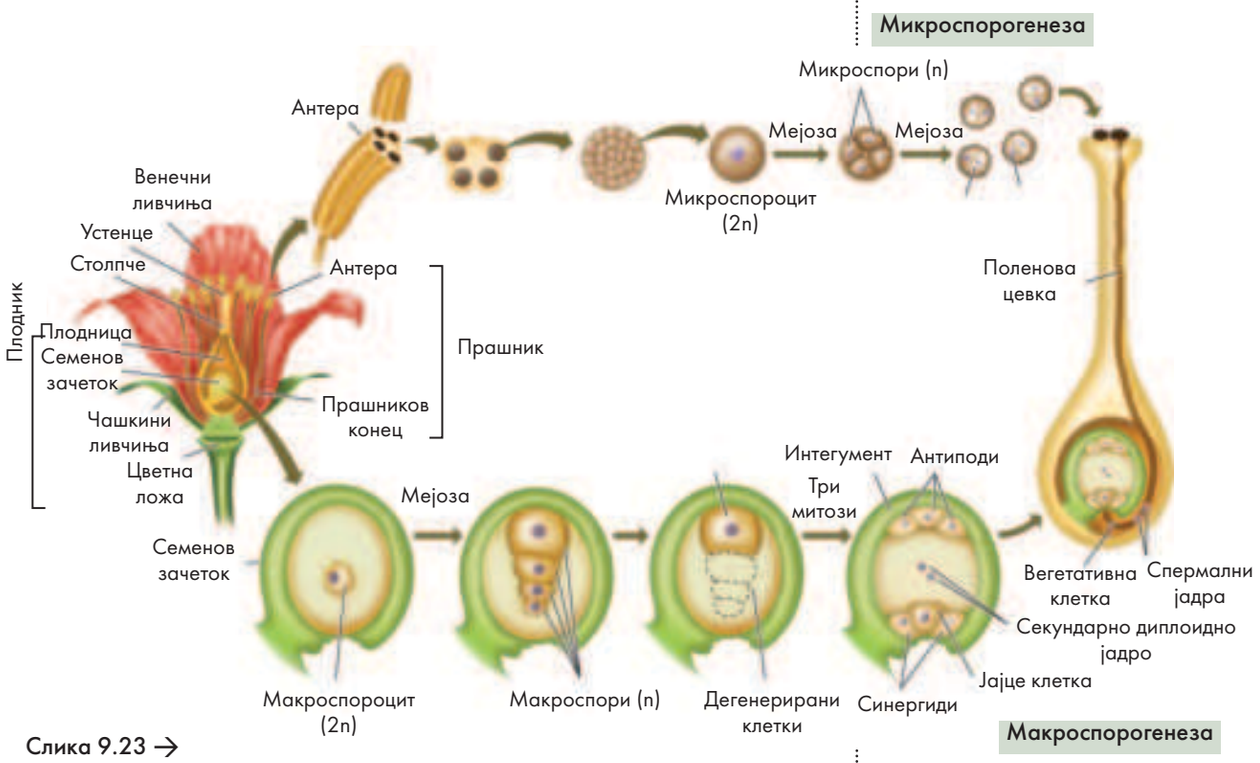
Прашникот е составен од **прашников конец** (**филамент**) и **прашникова кеса** (**антера**). Секоја антера е поделена на две половини (**полуантери**) или **теки**, кои се споени со сврзувачко стерилно ткиво означено како **конектив** [слика 9.22]. Во секоја полуантера се наоѓаат по две гнезда (**поленови торбички**) во кои се формираат **поленовите зрна** (**полен**). Прашниците кои немаат антери не можат да формираат поленови зрна и се нарекуваат **стаминодии** (**стерилни прашници**). Збирот на сите прашници во цветот претставува една репродуктивна целина наречена **андрецеум**.

Формирање на машки гамети (микроспорогенеза)

Во антерите на прашниците (**микроспорофили**) се одвива процесот на формирање **микроспори** и созревање на **поленовите зрна** (**микроспорогенеза**). Овој процес се одвива во внатрешното спорогено ткиво на антерата. Микроспорогенезата [слика 9.23] започнува кога од една диплоидна клетка (микроспороцит) на спорогеното ткиво со мејоза се формираат четири хаплоидни микроспори (поленови зрна). Процесот на



созревање на поленовите зрна започнува кога микроспората се дели со митоза и се добиваат две хаплоидни клетки: една поголема **вегетативна клетка** и една помала **генеративна клетка**. Генеративната клетка повторно се дели со митоза, при што се добиваат две хаплоидни **спермални јадра** кои претставуваат **машки гамети**.



Слика 9.23 →
Микроспорогенеза и макроспорогенеза кај растенијата.

Морфолошка градба на плодник

Плодникот (**толчник**) зазема централно место во цветот и е составен од следниве морфолошки делови [слика 9.24]:

1. **устенце** или **жиг** е врвен проширен дел,
2. **столпче** е средишен издолжен дел кој ја поврзува плодницата со устенцето,
3. **плодница** е базален проширен дел од плодникот.

Плодникот се формира од **плодните листови** или **карпели** (**макроспорофили**). **Прост** (**монокарпен**) **плодник** се нарекува плодникот кој се формира само од еден плоден лист, а плодникот составен од повеќе плодни листа е **сложен** (**поликарпен**) **плодник**. Сложениот плодник кај кој плодните листови не се сраснати се вика **апокарпен плодник**, а сложениот плодник со

Плодникот е составен од устенце, столпче и плодница.

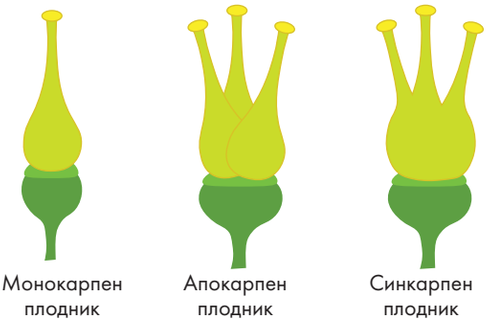
Збирот на сите плодни листови на плодникот се нарекува гинецеум.

Плодникот се формира од плодни листови или карпели.

Монокаперен плодник се формира од еден плоден лист.

Поликарпен плодник е составен од повеќе плодни листови.

сраснати плодни листови е означен како **синкарпен плодник** [слика 9.25]. Збирот на сите плодни листови кои го сочинуваат плодникот се означува како **гинецеум**.





Слика 9.25 →
Типови на плодници.

Формирање на женски гамети (макроспорогенеза)

Во плодницата на плодникот се развиваат семенови зачетоци.

Во **плодницата** се развиваат **семеновите зачетоци** (**овули**) кои се изградени од **спорогено ткиво** (**нуцелус**) и обвиткани со повеќеклеточна обвивка (**интегумент**). Базалниот дел на семеновиот зачеток се нарекува **халаза**, а на врвниот дел се формира отвор (**микропила**). Во нуцелусот од семеновиот зачеток се развива **ембриоталната торбичка** (**макроспора**) преку процесот на **макроспорогенеза** [слика 9.23].

Во семеновиот зачеток се одвива макроспорогенеза или формирање на ембрионална торбичка.

Од една диплоидна клетка на нуцелусот (макроспороцит) со мејоза се формираат четири хаплоидни клетки (**макроспори**). Три клетки дегенерираат, а четвртата клетка (клетка мајка на ембриоталната торбичка) се дели со митоза, при што се формираат **две хаплоидни јадра**, од кои едното патува во **халазата**, а другото во **микропилата** на ембриоталната торбичка. Со две последователни митотски делби на овие две јадра се формираат **осум хаплоидни јадра** (четири во халазата и четири во микропилата) на ембриоталната торбичка [слика 9.23]. По едно јадро од халазата и микропилата мигрираат во средината на ембри-

Машката гамета е спермално јадро, а женска гамета е јајце-клетка.

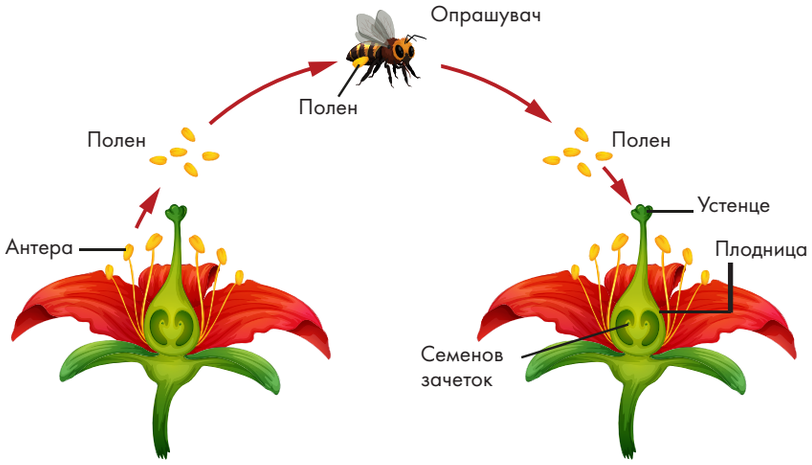


оналната торбичка и го формираат **секундарното диплоидно јадро**. Трите јадра кои остануваат во халазниот дел се викаат **антиподи**. Трите јадра во микропиларниот дел го сочинуваат **јајниот апарат** кој се состои од **јајце клетка** и **две синергиди** (помошни клетки). **Јајце клетка** претставува **женска гамета** која учествува во процесот на оплодување.

Опрашување и оплодување

Пренесувањето на поленови зрна од прашниците до устенцето на плодникот се нарекува опрашување (**полинација**). Процесот на опрашување [слика 9.26] може да се одвива со помош на ветер (**анемофилија**), со инсекти, птици и други животни (**зоофилија**) и со помош на вода (**хидрофилија**).

Опрашување е пренесување на поленови зрна од прашниците до устенцето на плодникот.



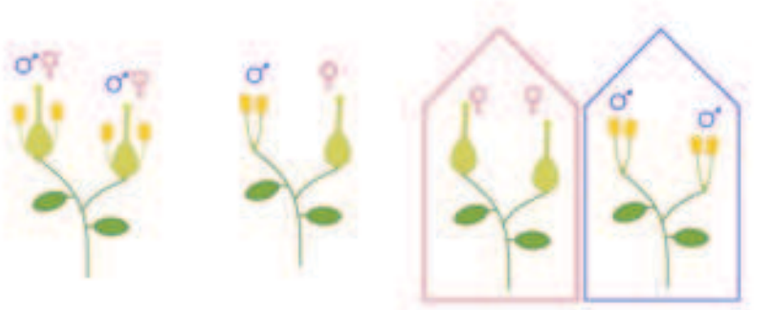
Слика 9.26 →
Опрашување кај растенијата.

Процесот на **оплодување** [слика 9.23] започнува кога поленовите зрна ќе паднат на устенцето од плодникот и почнуваат да се развиваат (‘ртат). Притоа, од вегетативната клетка се формира **поленовата цевка** која навлегува во ембрионалната торбичка преку микропиларниот отвор. Процесот на оплодување се одвива кога едно спермално јадро се фузионира со јајната клетка и формира **диплоиден зигот**, кој со повеќе делби се развива во **зиготски ембрион**. Другото спермално јадро се фузионира со секундарното диплоидно јадро, при што формира **триплоидно јадро** од кое се создава хранливото ткиво (**ендосперм**), што претставува извор на хранливи материи за ембрионот. Ембрионот останува заштитен во семеновиот зачеток од кој ќе се формира **семето**.

Оплодување е создавање ембрион во семенов зачеток од кој ќе се формира семе.

Видови цветови

Цветовите кои имаат прашници и плодници се нарекуваат **хермафродитни цветови** или двополови цветови [слика 9.27]. Цветовите кои имаат само прашници или само плодници се познати како **еднополови цветови**, односно машки цветови со прашници или женски цветови со плодници. Растенијата кои имаат еднополови машки и женски цветови на една единка се нарекуваат **еднодомни растенија**. Додека пак, растенијата кои имаат еднополови машки и женски цветови на различни единки се познати како **дводомни растенија** [слика 9.27].



Растение со хермафродитни цветови

Еднодомно растение со еднополови машки и женски цветови

Дводомни растенија со посебни еднополови женски или машки цветови

Слика 9.27 →
Видови цветови.

Плод

Плодот е карактеристичен орган за скриеносемените растенија кој се развива од плодникот или од другите цветни елементи.

Морфолошка градба на плод

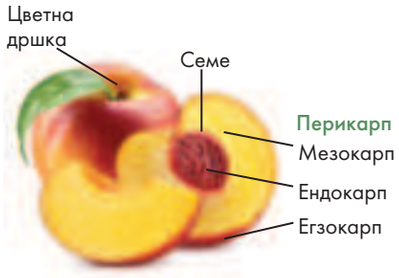
Плодот е составен од **перикарп** и **внатрешна празнина**. Перикарпот го претставува ѕидот на плодот и е составен од три слоја [слика 9.28]:

1. **надворешен слој** (**егзокарп**),
2. **средишен слој** (**мезокарп**),
3. **внатрешен слој** (**ендокарп**).

Во внатрешната празнина на плодот се сместени **семињата** кои најчесто се прилепени на шевот на сраснување на плодните ливчиња кои го формираат плодникот.

Плодот се развива од **плодникот** или од другите цветни елементи.

Плодот е составен од перикарп и внатрешна празнина.



Слика 9. 28 →
Морфолошка градба на плод.

Перикарпот е составен од **егзокарп**, **мезокарп** и **ендокарп**.

Во внатрешната празнина на плодот се сместени семињата.



Видови плодови

Според морфолошките особини и начинот на ослободување на семето, плодовите се поделени на **прости** и **сложени плодови** [слика 9.29].

Простите плодови се формираат само од еден плодник и се поделени на:

1. **Суви плодови** кои имаат тенки и суви плодни ѕидови:
   - **плодови кои пукаат** (грав, грашок),
   - **плодови кои не пукаат** (костен, бука).
2. **Месести плодови** кои имаат добро развиен сочен перикарп:
   - **мека бобинка** (домат, грозје),
   - **тврда бобинка** (тиква, диња, лубеница),
   - **костелка** (праска, кајсија, цреша, слива).

Сложените плодови се формираат од два или повеќе плодници и се поделени на:

1. **Збирни плодови** кои можат да бидат сочни (капина и малина) и суви (лутиче),
2. **Плодови настанати од соцветија** кои се формираат од одделните плодчиња на едно густо соцветие (смоква и црница).

Простите плодови можат да бидат суви и месести плодови.

Сложените плодови се поделени на збирни и плодови настанати од соцветија.



Слика 9.29 →
а) Прости суви плодови
б) Прости месести плодови
в) Сложени плодови

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Научниците постојано дебатираат околу прашањето "Кој плод е најкорисен?". Овошните плодови се богати со минерали и витамини кои се корисни за човековото здравје, но, интересен е податокот дека луѓето најмногу и најчесто консумираат јаболка.

Семе

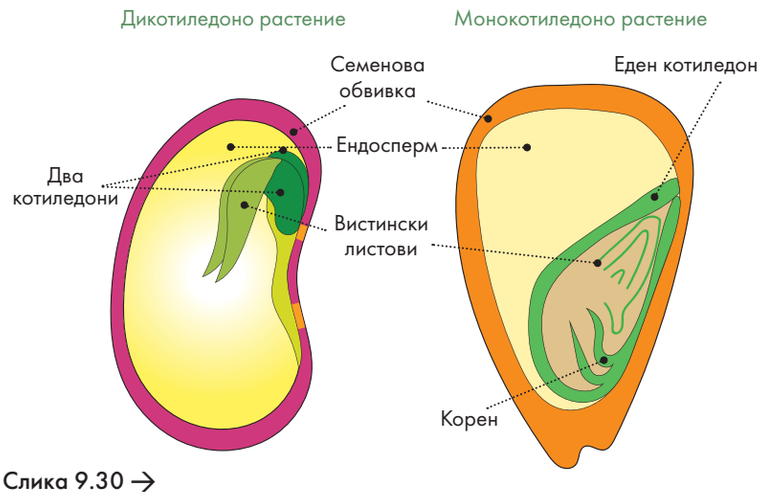
Семето е составено од семенова обвивка, ембрион и ендосперм.

По завршување на процесот на оплодување, во семеновиот зачеток на плодникот се развива **семето**.

Морфолошка градба на семето

Семето е составено од [слика 9.30]:

- **семенова обвивка** (**семеница**) го заштитува ембрионот и ендоспермот од надворешни повреди,
- **ембрион**, се наоѓа под семеновата обвивка,
- **хранливо ткиво** (**ендосперм**).



Слика 9.30 →
Морфолошка градба на семе.

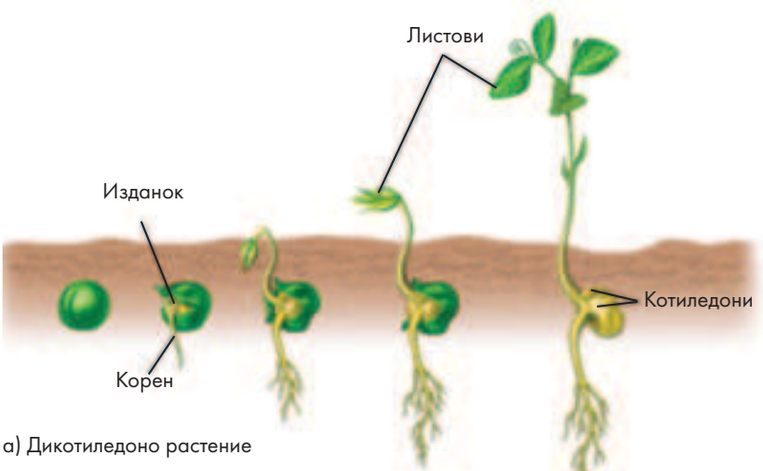
Ембрионот се развива во младо растение.

Од ембрионот ќе се развие ново младо растение составено од **корен**, **стебло** и **лист** [слика 9.31]:

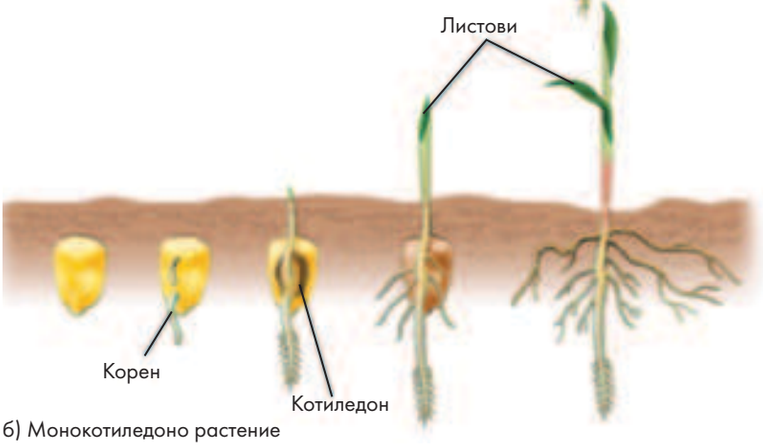
Зависно од начинот на складирање на резервните материи, семињата се поделени на:

- **семиња без ендосперм** во кои резервните материи се складирани во котиледоните (зелки),
- **семиња со ендосперм** во кои ембрионот зазема мал дел, а хранливите материи се складираат во ендоспермот (житни растенија).





а) Дикотиледоно растение



б) Монокотиледоно растение

Слика 9.31 →
Развиток на семе кај растенијата.

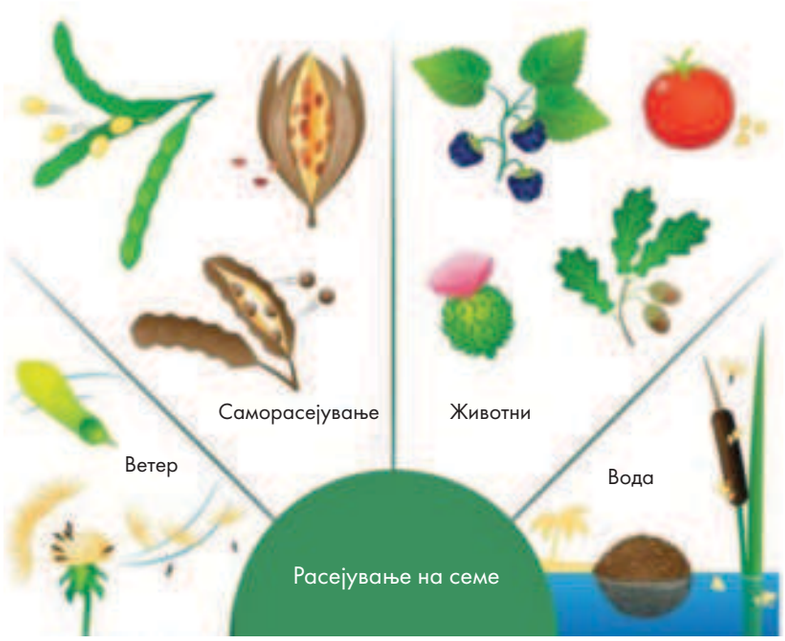
Расејување на плодови и семиња

Расејувањето на плодовите и семињата [слика 9.32] во кои директно учествува родителското растение се нарекува **саморасејување** (**автохорија**).

Исто така, постојат и други начини на расејување:

- **анемохорија** со ветер,
- **хидрохорија** кај водените растенија,
- **зоохорија** со животни,
- **орнитохорија** со птици,
- **мирмекохорија** со мравки,
- **антропохорија** е случајно или намерно расејување од страна на човекот.

Расејувањето на плодот и семето може да биде со помош на ветер, вода, животни или човек.



Слика 9.32 →
Расејување на семе.

ФОТОСИНТЕЗА

Фотосинтезата е процес на **биосинтеза** на **органски материи** од **неоргански материи**, при што се врши конверзија на светлосна енергија во хемиска енергија.

Процесот при кој растенијата ги користат неорганските материи (вода и јаглерод диоксид) и вршат конверзија на светлосната енергија во хемиска енергија што се акумулира во форма на органски материи (јаглехидрати) се нарекува **фотосинтеза**. Фотосинтезата се одвива во сите зелени делови на растенијата кои содржат клетки богати со хлоропласти.

Фотосинтезата се одвива во **хлоропластите** на листот.

Хлоропласти

Хлоропластите се наоѓаат во клетките на палисадното и сунѓерестото ткиво на листот.

Хлоропластите [слика 9.33] се клеточни органели составени од:

Хлоропластите се составени од:

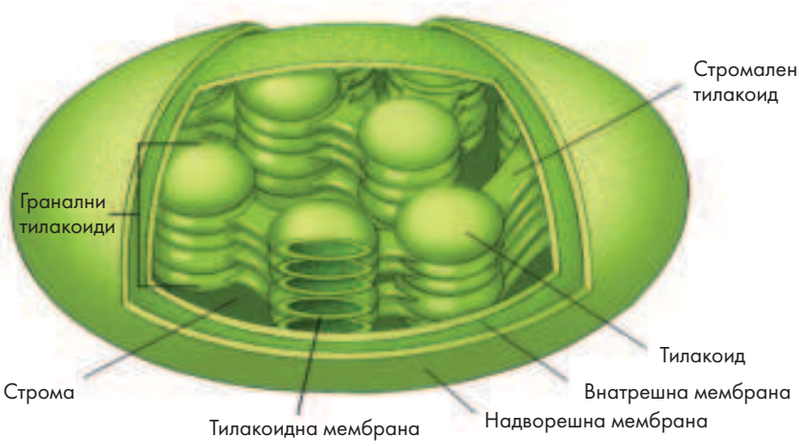
1. **мембранска обвивка**,
2. **тилакоиди**,
3. **строма**.

1. надворешна и внатрешна мембранска обвивка која го одвојува хлоропластот од цитоплазмата,
2. внатрешен мембрански ситем претставен со тилакоиди,
   - гранални тилакоиди се сплескани везикули во форма на дискови наредени еден над друг и личат на столб од монети,



- стромални тилакоиди се поединечни тилакоиди кои ги поврзуваат граналните тилакоиди,

3. строма е прозрачна течност која ја исполнува внатрешноста на хлоропластот.



Слика 9.33 →
Анатомска градба на хлоропласт.

Во тилакоидите на хлоропластите се синтетизираат хлоропластните пигменти **хлорофили** (**хлорофил a** и **b**) и **каротеноиди** (**каротени** и **ксантофили**). Хлоропластните пигменти се организирани во два пигментни система означени како **фотосистем I** и **фотосистем II**. Секој фотосистем е составен од антена-пигменти и реакционен центар. **Антена-пигментите** се изградени од каротеноиди и хлорофили поврзани со протеини, а реакционите центри содржат две молекули на хлорофил a. **Реакциониот центар** на фотосистем I се вика **P700**, а на фотосистемот II е означен како **P680** [слика 9.34].

Хлоропластни пигменти се хлорофили и каротеноиди.

Хлоропластните пигменти сочинуваат два пигментни система (фотосистем I и фотосистем II).

Секој фотосистем е составен од антена-пигменти и реакционен центар.

Реакциониот центар на фотосистем I се вика P700.

Реакциониот систем на фотосистем II се вика P680.

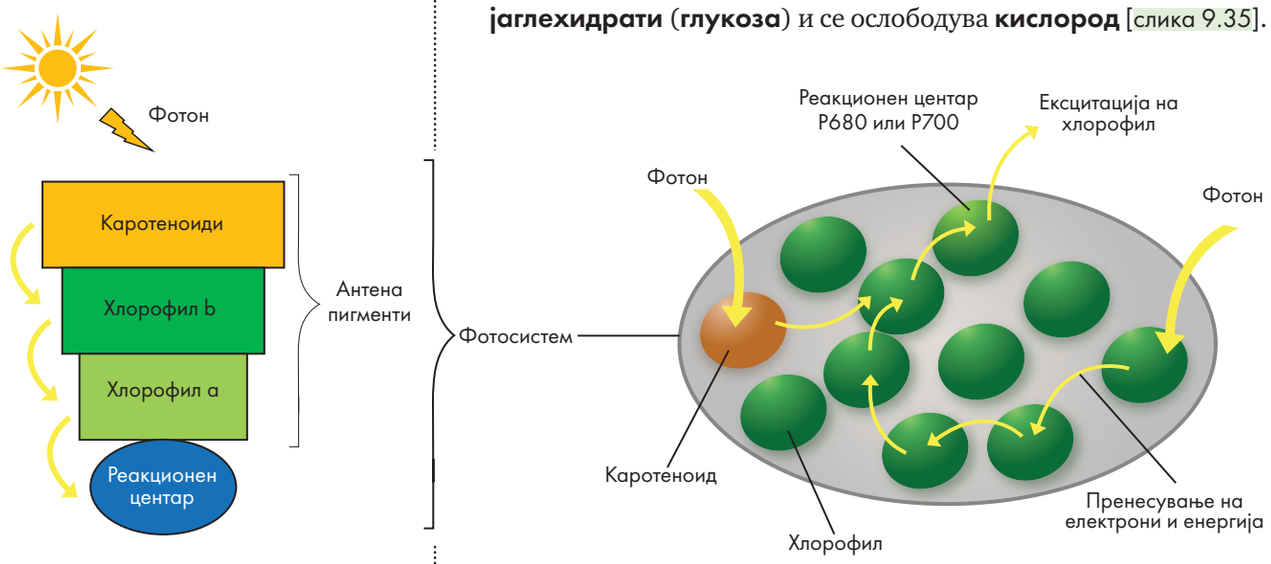
Равенка за фотосинтеза

јаглерод диоксид	+	вода	сончева светлина →	јаглехидрати	+	кислород
$6CO_2$		$6H_2O$		$C_6H_{12}O_6$		$6O_2$

Слика 9.34 →
Хемиска равенка на фотосинтеза.

Механизам на фотосинтеза

Фотосинтезата е сложен биохемиско-физиолошки процес кој се одвива во хлоропластите. Во овој процес учествуваат **јаглерод диоксидот** од атмосферата и **водата** која ја апсорпбира растението преку кореновиот систем, при што под дејство на светлосната енергија овие неоргански материи се конвертираат во **јаглехидрати** (**глукоза**) и се ослободува **кислород** [слика 9.35].



Слика 9.35 →
Градба на фотосистеми.

Фотосинтезата се одвива во две фази:

1. **светла фаза**,
2. **темна фаза**.

Фотосинтезата се одвива во две фази (светла и темна фаза).

Светла фаза на фотосинтеза

Светлата фаза на фотосинтеза **се одвива во граналните и стромалните тилакоиди** на хлоропластите и опфаќа два типа реакции [слика 9.36]:

1. **Фотофизички реакции**,
2. **Фотохемиски реакции**.

Во светлата фаза се одвиваат фотофизички и фотохемиски реакции.

Фотофизичките реакции се одвиваат со помош на двата фотосистема (фотосистем I и фотосистем II) кои функционираат во спрега. Овие реакции започнуваат кога **антена-пигментите** ги апсорбираат и пренесуваат фотоните на светлосната енергија до реакционите центри, при што настанува **возбудување** (**ексцитација**) на молекулите на **хлорофил a**. Хлорофилот апсорбира светлина во црвениот и синиот дел од спектарот, при што

Фотофизички реакции се апсорпција на светлина со антена-пигментите, пренесување на фотони до реакциони центри и ексцитација на хлорофил a.

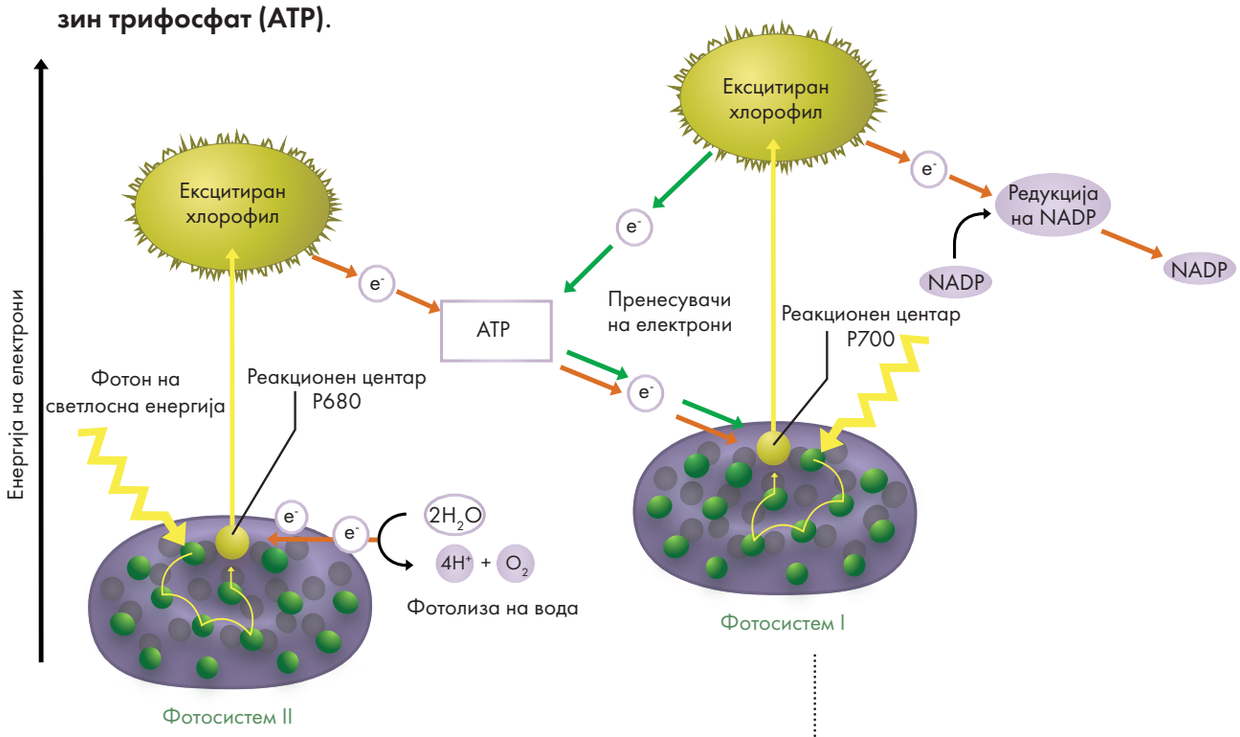


ослободува електрони и преминува во повисока енергетска состојба.

Фотохемиските реакции ги опфаќаат следниве процеси:

- Под дејство на светлината се ексцитираат реакционите центри P700 и P680 на фотоситем I и II, при што секој центар ослободува електрони и се формираат електронски празнини;
- Ослободените електрони од P680 се пренесуваат преку соединенија **пренесувачи на електрони** до P700, каде што ја пополнуваат неговата електронска празнина;
- Електронската празнина на P680 се пополнува од ослободените електрони при фотолиза на водата;
- Процесот на фотолиза претставува оксидација на водата и ослободување електрони, водород и кислород ($2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2$);
- Ослободените електрони од P700 се пренесуваат до коензимот **никотинамид аденин динуклеотид фосфат (NADP) и вршат негова редукција во NADPH**;
- При транспортот на електрони помеѓу двата фотосистема се синтетизира високо енергетското соединение **аденозин трифосфат (ATP)**.

Фотохемиски реакции се транспорт на електрони помеѓу двата фотосистема, оксидација на вода и ослободување кислород, редукција на NADP во NADPH и синтеза на ATP.



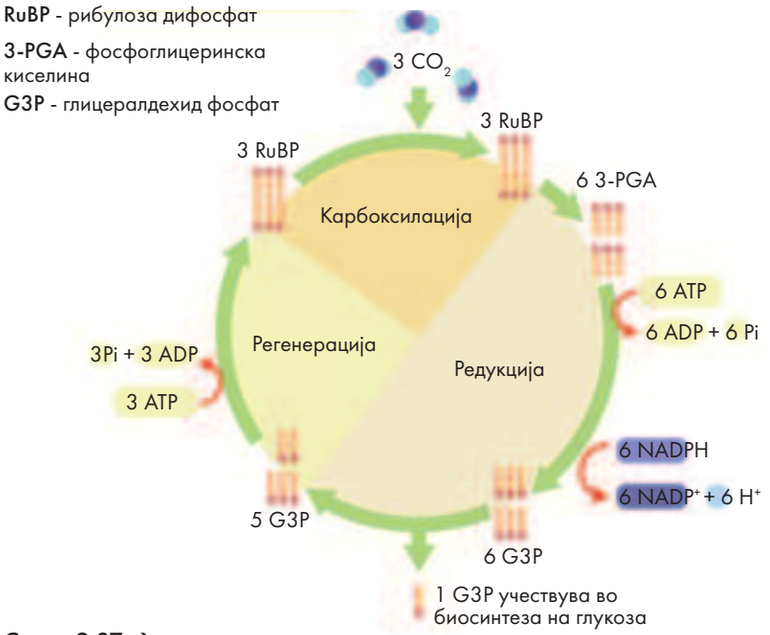
Слика 9.36 →
Светла фаза на фотосинтеза.

Сите реакции од светлата фаза на фотосинтезата овозможуваат **добивање кислород** кој растенијата го ослободуваат во атмосферата и **формирање ATP** и **NADPH**, кои потоа се користат во темната фаза од фотосинтезата.

Темна фаза на фотосинтеза

Темната фаза (Калвинов циклус) опфаќа карбоксилација, редукција и регенерација.

Темната фаза од фотосинтезата позната како **Калвинов циклус** [слика 9.37] се одвива во стромата на хлоропластите и опфаќа **фиксација на јаглерод диоксидот од атмосферата** и **искористување на високоенергетските соединенија ATP** и **NADPH** за биосинтеза на јаглехидрати.



Слика 9.37 →
Темна фаза на фотосинтеза (Калвинов циклус).

Со карбоксилација на пентозата рибулоза дифосфат се формира триозата фосфоглицеринска киселина ($3\ CO_2 + 3\ C_5 = 6\ C_3$).

Темната фаза ги опфаќа следниве реакции:

1. Првата фаза е **карбоксилација или фиксација на CO_2** која започнува кога 3 молекули на **CO_2** се врзуваат за 3 молекули на простиот шеќер **рибулоза дифосфат** (пентоза), при што се добиваат 6 молекули на триозата **фосфоглицеринска киселина** ($3\ CO_2 + 3\ C_5 = 6\ C_3$).
2. Во втората фаза настанува **редукција** на 6 молекули фосфоглицеринска киселина во 6 молекули **глицералдехид фосфат**, при што се трошат ATP и NADPH од светлата фаза на фотосинтеза.

Во фазата на редукција, фосфоглицеринската киселина се редуцира во глицералдехид фосфат.



3. Во третата фаза, позната како **регенерација**, една молекула од триозата глицералдехид фосфат учествува во биосинтеза на **глукоза** (**хексоза**), а останатите 5 триози се конвертираат или регенерираат во три пентози (5 C_3 = 3 C_5). Овие три пентози се фосфорилираат во присуство на ATP и повторно се добива пентозата рибулоза дифосфат, кое е почетно соединение во Калвиновиот циклус.

Производите на темната фаза од фотосинтеза се транспортираат преку флоемските спроводните елементи до сите клетки на растението. Фотосинтетските производи во растителните клетки се користат како структурни, енергетски и резервни материи. Јаглехидратите добиени при процесот на фотосинтеза, растенијата можат да ги складираат во форма на скроб кој служи како резервна хранлива материја во клетките.

Една молекула од глицералдехид фосфат учествува во биосинтеза на глукоза (хексоза).

Во фаза на регенерација се врши конверзија на 5 триози во 3 пентози (5 C_3 = 3 C_5).

Пентозите се фосфорилираат со ATP и се добива рибулоза дифосфат.

Фактори кои влијаат врз процесот на фотосинтеза

Процесот на фотосинтеза зависи од голем број **надворешни** (**еколошки**) и **внатрешни фактори**. Надворешните фактори влијаат врз фотосинтезата на следниов начин:

- **Зголемувањето на интензитетот на светлина** до одредени граници го стимулира процесот на фотосинтеза. Во текот на денот, светлината го интензивира процесот на фотосинтеза, а во текот на ноќта се прекинуваат фотосинтетските реакции.
- **Количеството на јаглерод диоксид во атмосферата** влијае врз процесот на фотосинтеза преку отворање или затворање на стомите. При висока концентрација на CO_2 во атмосферата настанува затворање на стомите и намалување на фотосинтетските процеси.
- **Оптималната температура** за одвивање на процесот на фотосинтеза изнесува од 30 до 40 °C, а пониските или повисоката температура ја намалува фотосинтезата.
- **Содржината на вода во почвата** има позитивно влијание врз фотосинтезата. При недостаток на вода настанува затворање на стомите, при што се намалува фиксацијата на CO_2 и интензитетот на фотосинтеза.

Внатрешни фактори кои влијаат врз фотосинтезата се **градбата** и **структурата на листот**, **содржината на хлорофил** и **староста на листовите**. Стареењето на листовите доведува до намалување на содржината на хлорофил во клетките, при што се намалува процесот на фотосинтеза.

Фотосинтезата зависи од надворешни фактори (светлина, јаглерод диоксид, температура и вода) и внатрешни фактори (структура и старост на листови и содржина на хлорофил).

Интересен податок

Фотосинтезата кај некои алги се одвива со помош на пигменти познати како фикобилини. Најпознати фикобилини се фикоцијанин со синозелена боја кај модрозелените алги и фикоеритрин со црвена боја кај црвените алги.



Слика 9.38 →
Воден баланс кај растенијата.

Водениот режим кај растенијата опфаќа примање, транспорт и оддавање вода од растението.

Коренов притисок е сила во коренот што ја притиска водата кон надземните органи.

Кохезионите сили дополнително учествуваат во транспортот на водата од коренот до листот.

ТРАНСПОРТ НА ВОДА И МИНЕРАЛНИ МАТЕРИИ КАЈ РАСТЕНИЈАТА

Водата е основен составен дел на сите живи организми и има големо значење за одвивање на биохемиско-физиолошките процеси кај растенијата. Водата во растенијата е застапена од 70 до 94 %, органските соединенија со 27 % и минералните материи со 3 %. Содржината на водата во растенијата може да варира зависно од видот, органот, ткивото, староста на растението, како и од голем број еколошки фактори. Младите органи и ткива содржат повисока содржина на вода во споредба со постарите растителни органи.

Водениот режим кај растенијата ги опфаќа процесите на примање, транспорт и оддавање на водата во атмосферата.

Воден баланс ги опфаќа процесите на [слика 9.38]:

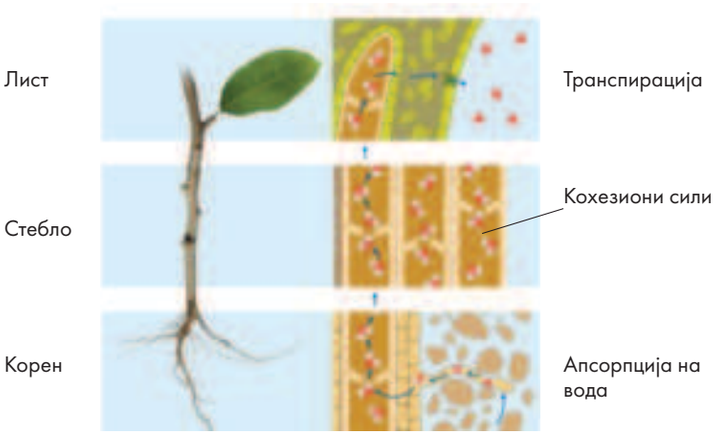
1. **примање** (**апсорпција**) вода од почвата со помош на кореновиот систем,
2. **транспорт** на водата од коренот до листовите,
3. **оддавање** вода преку стомите на листовите (**транспирација**).

Апсорпција и транспорт на вода преку коренов систем

Растението ја прима водата од почвата преку кореновите влакненца. Водата се движи по пат на дифузија од место со повисока содржина на вода (почва) кон место со пониска содржина на вода (коренови влакненца). Водата се апсорбира по пат на осмоза преку мембраните на клетките од кореновите влакна и се движи преку паренхимските клетки на коренот (примарна кора) до централниот цилиндар, каде што се сместени ксилемските спроводни елементи.

Во кореновиот систем постои сила што ја притиска водата во ксилемот нагоре кон надземните органи позната како **коренов притисок**. Транспортот на водата на големи растојанија од коренот до листот дополнително се обезбедува преку **кохезионите** (**привлечни**) **сили** помеѓу водените молекули, при што се овозможува континуитет на водениот столб во спроводниот систем [слика 9.39]. Ксилемските спроводни елементи од стеблото завршуваат во мезофилот на листот, од каде што водата дифундира во паренхимските клетки, а од таму преку стомините отвори се ослободува во надворешната средина.





Слика 9.39 →
Транспорт на вода од коренот до листот со помош на кохезиони сили.

Оддавање вода преку стомите на листовите (транспирација)

Транспирација е процес на оддавање на водата од листот во форма на водена пареа во атмосферата. Таа најчесто се одвива преку стомите кои се наоѓаат во долниот епидермис на листот, каде што го формираат стоминиот апарат. **Стоминиот апарат** се состои од [слика 9.40]:

1. **две стомини клетки** кои имаат бубрежна форма и задебелени клеточни ѕидови, а содржат мал број хлоропласти,
2. **клетки придружнички** кои се наоѓаат околу стоминине клетки,
3. **стомина комора** што ја формираат двете стомини клетки и претставува голем интерцелуларен отвор преку кој стоминиот апарат комуницира со атмосферата.

Транспирација е оддавање вода во форма на водена пареа преку стомите на листот.

Стоминиот апарат е изграден од две стомини клетки, клетки придружнички и стомина комора.

Интересен податок

Апсорпција на вода

Кореновите влакненца ја зголемуваат апсорпционата површина за примање на вода кај растенијата од 4 до 40 пати. Така на пример, корен од пченка со должина од 1 mm има околу 425 коренови влакненца. Кај водните растенија, кореновите влакненца најчесто не се развиени, бидејќи тие ја примаат водата и растворените материи преку целата своја површина.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

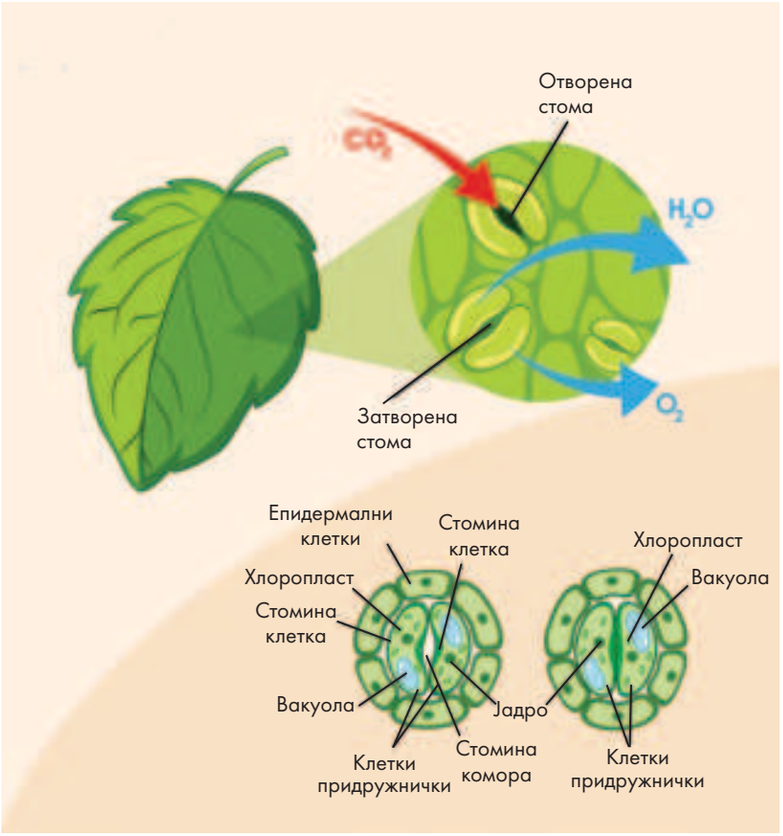
Дрвенестите растенија можат да оддаваат вода во надворешната средина преку лентицели кои се распоредени по површината на стеблото.

Гутација е ослободување на водата во форма на водени капки од листовите.

Стомите учествуваат во размена на гасови (влез на CO_2 и излез на O_2).

Интересен податок:

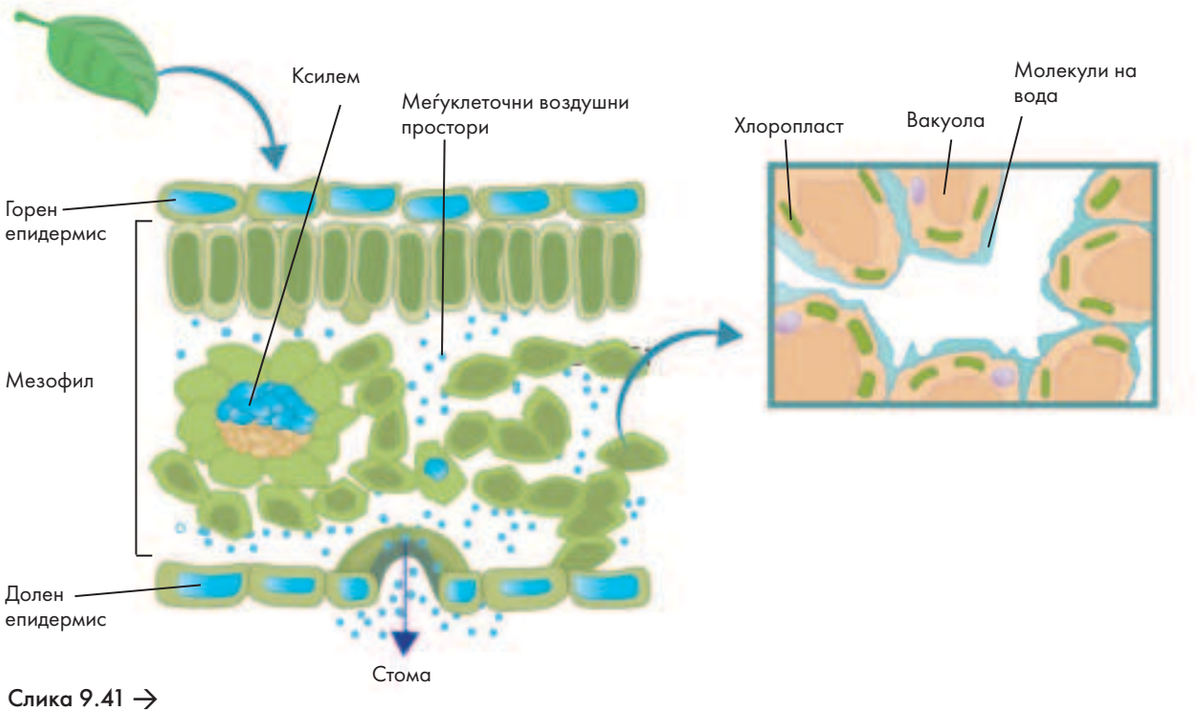
Едно растение од видот пченка во текот на вегетативниот период транспирира околу 200 L вода, додека едно разгрането дрво, преку процеост на транспирација може да изгуби 200 L вода во текот на еден летен ден.



Слика 9.40 →
Анатомска градба на стоминиот апарат.

При процесот на транспирација [слика 9.41], водата дифундира од ксилемот на листот во клеточните ѕидови на мезофилните клетки, каде што испарува (евапорира) во меѓуклерочните простори на мезофилното ткиво. Водената пареа од мезофилното ткиво се ослободува преку стомините отвори во атмосферата. За да се одвива процесот на транспирација, содржината на вода во лисниот мезофил треба да биде повисока во споредба со релативната влажност на воздухот во атмосферата. Во услови на висока релативна влажност на воздухот, водата од листовите се ослободува во форма на водени капки и овој процес се нарекува **гутација**. Паралелно со транспирацијата се одвива и процесот на размена на гасови преку стомите, односно **влез на CO_2** од атмосферата и **ослободување O_2** добиен при фотосинтеза.





Слика 9.41 →
Процес на транспирација преку стомите.

Надворешни фактори кои влијаат врз отворање и затворање на стомите

Транспирацијата се регулира преку процесите на отворање и затворање на стомите, кои зависат од голем број надворешни фактори:

- Стомите кај сите растенија се отвораат во присуство на **светлина**, а на темно се затвораат.
- Намалената **концентрација на CO_2** во атмосферата предизвикува отворање на стомите со цел да се прими доволно количество CO_2 за одвивање фотосинтеза.
- Стомите се отворени при **температура** од 0 до 30 °C, а под 0 °C и над 30 °C настанува затворање на стомите.
- **Содржината на вода во почва** има позитивно влијание врз транспирацијата. При недостаток на вода во листот настанува затворање на стомите, при што се намалува интензитетот на транспирација.
- Високата **релативна влажност на воздухот** го спречува дифундирањето на водената пареа преку стомите и се намалува интензитетот на транспирација.
- **Струењето на воздухот** (**ветер**) го олеснува процесот на транспирација.

Отворањето и затворањето на стомите зависи од **светлината**, **CO_2**, **температурата**, **содржината на вода во почвата**, **релативната влажност** и од **струењето на воздухот**.

Ако сакаш да знаеш повеќе!

Дрвенестото растение пауловнија е вистинска фабрика за кислород. Едно дрво од пауловнија апсорбира 2,25 kg CO_2 секој час и произведува 1,75 kg O_2 во исто време. На годишно ниво, пауловнијата апсорбира неверојатни 19,5 тони CO_2 и произведува 15 тони O_2. Пауловнијата годишно прочистува 6,4 милиони кубни метри воздух со своите огромни лисја и кората на дрвото.
Дрворедите со пауловнијата претставуваат вистински "бели дробови" во урбаните средини.

ТРОПИЗМИ

Тропизмите претставуваат органомоторни движења кои овозможуваат ориентација на растителните органи во просторот, при што заземаат идеална положба за извршување на соодветна функција. Тропизмите се индуцирани движења кои се насочени кон изворот на надворешните дразби.

Зависно од изворот на дразбата, тропизмите можат да бидат [слика 9.42]:

- **геотропизам**,
- **фототропизам**,
- **хемотропизам**,
- **тигмотропизам**.

Геотропизми се движења условени од силата на Земјината тежа. Коренот кај растенијата расте и се ориентира во насока на Земјината тежа (**позитивно геотропно**), а сите надземни органи се насочени и растат спротивно на Земјината тежа (**негативно геотропно движење**).

Фототропизми се движења кои се одвиваат под дејство на светлината. Изданокот кај растенијата секогаш се развива кон извор на светлина (**позитивен фототропизам**), а коренот расте спротивно на изворот на светлина (**негативен фототропизам**).

Хемотропизми се движења на растителните органи предизвикано од хемиски дразби. Движењата на растителните органи кон хемиската дразба се нарекуваат **позитивни хемотропни движења**, а движењата кои се одвиваат во спротивен правец се познати како **негативни хемотропни движења**. Коренот реагира позитивно хидротропно на содржината на вода во почвата.

Тигмотропизми се движења кои се индуцирани од механички дразби (допир). Свиткување на листовите на растението за да се прикрепи за некоја подлога е карактеристичен пример за **позитивен тигмотропизам**.

Тропизми се движења на растенијата кон одреден извор на надворешна дразба.

Геотропизам е движење на растението во однос на Земјината тежа.

Коренот расте позитивно геотропно, а надземните делови растат негативно геотропно.

Фототропизам е движење на растенијата под дејство на светлината.

Изданокот е позитивно фототропен, а коренот е негативно фототропен.

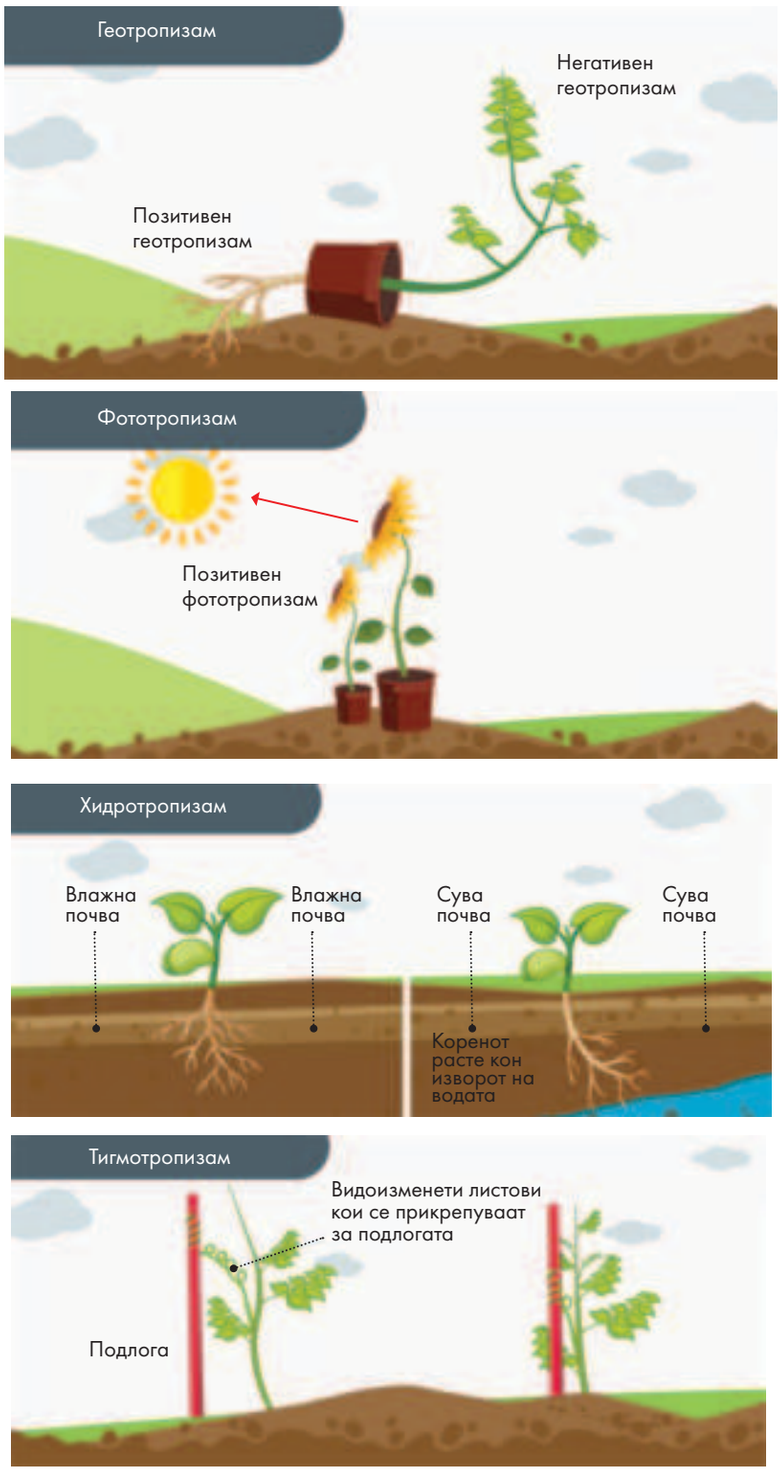
Хемотропизам е движење на растителни органи под дејство на хемиска дразба.

Коренот расте позитивно хидротропно при зголемено количество вода во почвата.

Тигмотропизам е движење на растението предизвикано од механичка дразба.

Позитивен тигмотропизам е прикрепување на растението за некоја подлога.





Слика 9.42 →
Типови тропизми кај растенијата.

Кратка содржина

- Растенијата се изградени од вегетативни органи (корен, стебло и лист) кои учествуваат во процесите на растење и исхрана, како и репродуктивни органи (цвет, плод и семе) кои имаат улога во процесот на размножување и распространување на видот.
- Коренот е подземен орган чија главна функција е апсорпција на вода и минерални материи од почвата. Коренот е изграден од главен корен и странични корени кои заедно формираат коренов систем. Кореновиот систем може да биде осен (вретеновиден) кај дикотиледоните и жилест (брадест) кај монокотиледоните. Коренот има примарна и секундарна анатомска граба. На надолжен пресек кај коренот се забележуваат врвен меристем со коренова капа (калиптра) и коренови влакна. На напречен пресек кај дикотиледоните растенија се забележуваат надворешни ткива (ризодермис и примарна кора составена од епидермис, паренхим и ендодермис) и внатрешни ткива (перицкл и паренхим на централен цилиндар). Секундарната градба на коренот е претставена со секундарни меристемски ткива познати како камбиум и фелоген.
- Стеблото обезбедува механичка потпора на растението. Неговата главна улога е транспорт на вода и минерални материи од коренот до надземните делови на растението (преку ксилемот) и транспорт на органски соединенија добиени при фотосинтезата од листот кон коренот (преку флоем). Стеблото има примарна и секундарна анатомска градба. Примарната анатомска градба кај дикотиледони е претставена со надворешни ткива (епидермис, примарна кора составена од коленхим и паренхим, како и ендодермис) и внатрешни ткива (перицкл и паренхим на централен цилиндар). Секундарната градба на стеблото е претставена со секундарните меристемски ткива (камбиум и фелоген). Спроводниот систем во стеблото е претставен со ксилемски елементи (трахеиди и трахеи) и флоемски елементи (ситести клетки, ситести цевки и клетки придружнички).
- Листот е вегетативен орган кој учествува во процесите на транспирација, размена на гасови и фотосинтеза. Тој е составен од лисна плоча, лисна дршка и лисна основа. На секој лист се забележува нерватура која може да биде мрежеста кај дикотиледоните растенија и паралелна кај монокотиледоните растенија. Зависно од бројот на лисни плочи, листовите можат да бидат прости и сложени. Во однос на анатомската градба, листот е составен од горен и долен епидермис, како и мезофилно ткиво составено од палисаден и сунѓерест паренхим.
- Цветот е изграден од цветна дршка, цветна ложа и цветни елементи. Цветните елементи се поделени на заштитни (чашкини и венечни ливчиња) и репродуктивни (прашници и толчник). Прашникот е изграден од прашников конец и прашникова кеса, а толчникот е изграден од устенце, столпче и плодница. Цветовите можат да бидат еднополови кои поседуваат само прашници или само толчник, како и двополови кои имаат и прашници и толчник.
- Процесот на формирање на машки гамети се нарекува микроспорогенеза и се одвива во антерите на прашниците, а процесот на создавање на женски гамети се нарекува макроспорогенеза и се одвива во плодницата на толчникот.
- Плодот е составен од три слоја (надворешен, средишен и внатрешен). Според морфолошката градба, плодовите се поделени на прости и сложени. Главната улога на плодот е да го заштити семето.
- Семето е изградено од семенова обвивка, ембрион и хранливо ткиво (ендосперм). Неговата улога е продолжување на опстанокот на видот.
- Фотосинтеза е сложен биохемиско-физиолошки процес при кој растенијата од неорганските материи (вода и јаглерод диоксид) создаваат органски материи (јаглехидрати), при што ја претвораат светлосната во хемиска енергија. Процесот на фотосинтеза се одвива во хлоропластите на листовите. Хлоропластите се клеточни органели составени од мембранска обвивка, внатрешен мембрански систем претставен со тилакоиди и строма.

- Фотосинтезата се одвива во две фази: светла и темна. Светлата фаза опфаќа фотофизички и фотохемиски реакции. Во светлата фаза, растенијата ослободуваат кислород во атмосферата и формираат високоенергетски соединенија ATP и NADPH што ги користат во темната фаза. Темната фаза на фотосинтеза се нарекува Калвинов циклус. Во темната фаза се одвива фиксацијата на јаглерод диоксидот од атмосферата и искористување на ATP и NADPH за биосинтеза на јаглехидрати.
- Процесите на примање, транспорт и оддавање на водата кај растенијата се нарекуваат воден режим или воден баланс.
- Транспирација е процес на оддавање на водата од листот во форма на водена пареа во атмосферата. Овој процес се одвива преку стоминиот апарат кој е составен од две стомини клетки, клетки придружнички и стомина комора.
- Движењата кои овозможуваат ориентација на растителните органи во просторот, со цел идеална положба за извршување на соодветна функција се нарекуваат тропизми. Зависно од изворот на дразба, тропизмите се поделени на геотропизам, фототропизам, хемотропизам и тигмотропизам.

ПРОВЕРЕТЕ ГО ВАШЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Од кои органи се изградени растенијата и како се класифицирани?
2. Опиши ја градбата на коренот на надолжен и напречен пресек?
3. Која е функцијата на коренот?
4. Како е изградено стеблото и која е неговата функција?
5. Која е разликата во градбата на стеблото кај монокотиледоните и дикотиледоните растенија?
6. Кои ткива учествуваат во градбата на листот?
7. Опиши ја градбата на хлоропластите!
8. Дефинирај го процесот на фотосинтеза!
9. Напиши ја хемиската равенка на фотосинтеза!
10. Кои рекации се одвиваат во текот на светлата фаза на фотосинтезата?
11. Кои реакции се одвиваат во текот на Калвиновиот циклус?
12. Каде се одвиваат светлата и темната фаза од процесот на фотосинтеза?
13. Кои производи се добиваат во светлата и темната фаза од фотосинтезата?
14. Кои фактори влијаат врз процесот на фотосинтеза?
15. Кое растение има поголем интензитет на фотосинтеза: тревесто растение на ливада или тревесто растение во букова шума?
16. Што е воден режим кај растенијата?
17. Како се одвива процесот на транспирација во листот?
18. Што се тропизми? Наведи по еден пример за секој вид тропизам!



10 Биотехнологија и генетски инженеринг

Во ова поглавје ќе учите за

- Биотехнолошки процеси
- Главни фази на биотехнолошки процеси
- Рекомбинантна ДНК-технологија (молекуларна биотехнологија)
- Трансфер на гени во бактериска клетка
- Примена на трансформирани бактериски клетки во производство на лекови
- Трансфер на гени во растителна клетка
- Генетски модифицирани растенија со подобар квалитет
- Генетски модифицирани растенија отпорни на инсектициди
- Генетски модифицирани растенија отпорни на хербициди
- Трансфер на гени во животински клетки

Биотехнологијата е научна дисциплина која опфаќа преработка на органски соединенија (**суровини** или **супстрати**) со цел да се произведат различни прехранбени производи или лекови со помош на клетки од живи организми [слика 10.1]. Супстратите кои се користат во биотехнолошките процеси имаат биолошко потекло и се добиваат со искористувањето на природните ресурси (биомаса од житни растенија или дрвен отпад). Оваа природна биомаса претставува важен супстрат за производство на различни соединенија (шеќери, протеини, аминокиселини) кои имаат примена во секојдневниот живот. Човекот ги користел микроорганизмите пред илјадници години за производство на храна. Клетките на квасците се користеле во **производство на леб, пиво и вино,** а млечнокиселинските бактерии се употребувале за **добивање сирење и јогурт.**

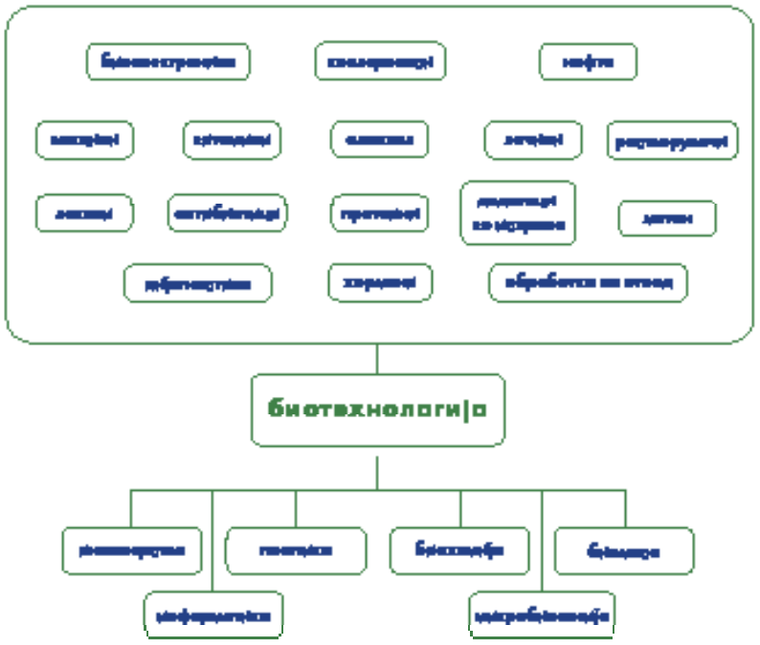
Биотехнологијата ги проучува процесите на преработка на органските соединенија во корисни производи со помош на живи клетки.

Квасците се користат за производство на леб, пиво и вино.

Млечнокиселинските бактерии се употребуваат за добивање сирење и јогурт.

Антибиотикот пеницилин се произведува од мувлата *Penicillium*.

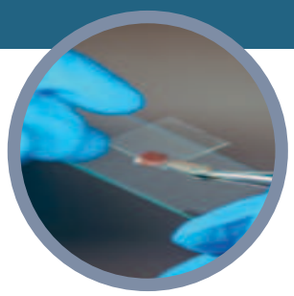
Биогоривата се замена за фосилните горива.



Слика 10.1 →
Примена на биотехнологија

Голем број експерименти кои се значајни за историјата на човештвото биле извршени со помош на бактерии и квасци. Луј Пастер како основач на современата биотехнологија ги извршил првите истражувања во XIX-тиот век за ферментација (биотрансформација) на виното во виниски оцет под дејство на микроорганизмите кои се присутни во виното. На почетокот на минатиот век, Александар Флеминг успешно го синтетизирал антибиотикот **пеницилин** со помош на мувлата од родот *Penicillium*, што претставувало основа за комерцијално производство на антибиотици во фармацевтската индустрија.

Денес, биотехнологијата наоѓа широка примена во различни индустриски гранки [табела 10.1]. Микроорганизмите кои поседуваат специфични ензими за отстранување бои се користат во хемиската индустрија за производство на **детергенти**. Ензимите од некои микроорганизми кои го разградуваат скробот од пченка или соја се користат во производството на **биогорива** (биоетанол) како замена за фосилните горива. Во поново време, микроорганизмите се применуваат во фармацевтската индустрија за производство на вакцини, лекови, антибиотици и средства за дијагностицирање на различни болести.



Табела 10.1 Биотехнолошки производи

Индустрија		Биотехнолошки производи
Хемиска индустрија	Органска	Етанол, бутанол, ацетон, лимонска и млечна киселина
	Неорганска	Биоакумулација и екстракција на метали
Фармацевтска индустрија		Антибиотици, вакцини, ензими, хормони
Енергетика		Етанол, метан (биогас)
Прехранбена индустрија		Млечни и месни производи, пијалаци (алкохол, чај, кафе), квасец, додатоци во исхрана (бои и ароми), овошни сирупи, протеини, аминокиселини и витамини
Земјоделство		Сточна храна, ветеринарни вакцини, ѓубрива и пестициди
Заштита на животна средина		Прочистување води, обработка на отпадни води и рециклирање на нафтени деривати
Биоелектроника		Биосензори, биоакумулатори, биочипови, биоспроводници

Биотехнолошки процеси

Во биотехнологијата се користат живи организми (микроорганизми или растителни клетки) кои растат на подлога во присуство на соодветни суровини. Овие живи клетки со помош на **ензимите** од своите метаболички процеси вршат **хемиска трансформација (биотрансформација)** на суровините од подлогата, при што се добиваат нови производи.

Ферментацијата е процес при кој микроорганизмите (бактерии или квасци) вршат оксидација на суровините од подлогата до различни производи во отсуство на кислород **(анаеробни услови)**. Најпознати процеси на ферментација се: **алкохолната и млечнокиселинската ферментација** [табела 10.2].

Ферментација е процес кој се одвива во анаеробни услови.

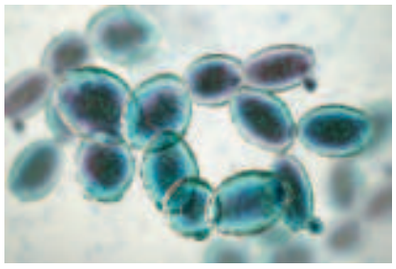
Табела 10.2 Типови на ферментација

Тип на ферментација	Супстрат (подлога)	Производ	Тип на Клетка
Алкохолна	Глукоза	Алкохол	Квасци
Млечнокиселинска	Глукоза или лактоза	Млечна киселина	Бактерии

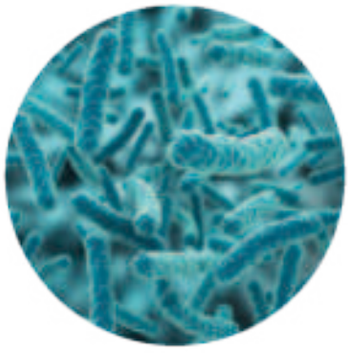
Алкохолна ферментација е оксидација на шеќерите до **етанол**.

Млечнокиселинска ферментација е оксидација на шеќерите до млечна киселина

Алкохолната ферментација претставува процес на ферментација на шеќерите (глукоза) до алкохол (етанол) под дејство на пекарскиот квасец (*Saccharomyces cerevisiae*), при што се ослободува јаглерод диоксид [слика 10.2]. Производството на различни алкохолни пијалаци (пиво, вино, рум, виски) се базира на алкохолната ферментација на шеќерите. Главна суровина за производство на алкохолни пијалаци се различни видови овошје богати со шеќери**.** **Млечнокиселинската ферментација** се одвива под дејство на млечнокиселинските бактерии од родот *Lactobacillus* [слика 10.2] кои ги ферментираат шеќерите до млечна киселина (лактат). Добивањето на млечни производи, како што се сирење, јогурт, павлака, кефир и др. се базира на ферментација на млечниот шеќер лактоза од млекото.



Слика 10.2→
Saccharomyces cerevisiae



Слика 10.2→
Lactobacillus

Главни фази на биотехнолошки процеси

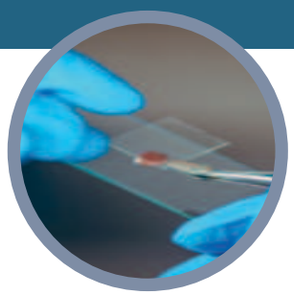
Процесот на добивање на комерцијални производи со примена на клетки на живи организми опфаќа три главни фази:

❶ **Подготовка на микроорганизмите** претставува фаза на нивно култивирање на хранливата подлога во која се наоѓаат органски и неоргански супстрати неопходни за растење на микроорганизмите.

❷ **Биотрансформацијата** се одвива во ферментори или биореактори (> 100 L) во кои се обезбедуваат оптимални услови за микроорганизмите да вршат хемиска трансформација на супстратите од подлогата во корисни производи.

❸ **Технологија на екстракција** и прочистување на крајниот производ од клетките на микроорганизмите или хранливата подлога.

Ферментор или биореактор [слика 10.3] претставуваат уреди во форма на цилиндар изработени од стакло, пластика или метал за култивирање на микроорганизмите на течна хранлива подлога во стерилни и контролирани услови. Во биореакторот се наоѓаат инструменти кои ги контролираат оптималните услови за растење на клетките (pH, температура, кислород и др.) со цел да се обезбеди индустриско производство на некој корисен производ. Крајниот производ на биотрансформацијата може да се акумулира во клетките или да се секретира во хранливата подлога. Со помош на посебни техники на екстракција, крајните производи се изолираат и пречистуваат.



Табела 10.3 Составни делови на биореакторот

Хранлива подлога (супстрат)	Течна
	Полутечна
	Полуцврста
Контрола на параметри	Температура
	pH-средина
	Кислород
Култура на клетки	Бактерии
	Алги
	Габи
	Растенија

Биотехнолошкиот процес опфаќа подготовка на микроорганизми, биотрансформација и добивање производ.

Ферментори или биореактори се уреди во кои се одвиваат биотехнолошките процеси.

Методот на култивирање на растителни клетки и ткива во *in vitro* услови наоѓа широка примена во биотехнологијата [слика 10.4]. Во биореактори можат да се култивираат и растителни клетки кои се користат за продукција на биолошки активни соединенија кои имаат примена во медицината и фармацевтската индустрија.



Слика 10.4 →
Култивирање на растенија во *in vitro* услови

Приносот на производот во биореакторот може да се зголеми преку оптимизирање на условите за биохемиската активност на живите клетки, како и преку примена на мутантни соеви на микроорганизми. Мутантните соеви на микроорганизми се добиваат со примена на хемиски агенси или ултравиолетово зрачење кои можат да предизвикаат генетски промени на природните соеви на микроорганизми.



Слика 10.3→
Биореактор за култивирање на микроорганизми

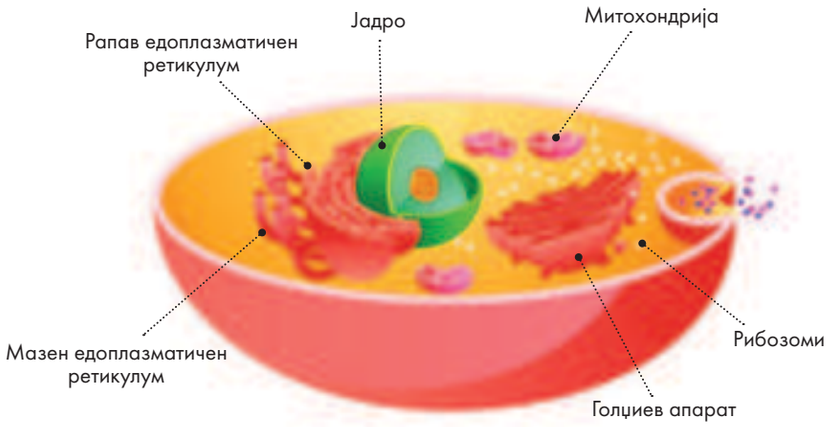
ГЕНЕТСКИ ИНЖЕНЕРИНГ

Генетски инженеринг или **рекомбинантна ДНК-технологија** претставува пренесување ген, изолиран од туѓа клетка во клетка домаќин (бактерија, квасец, растителна или животинска клетка). Туѓиот ген кој се внесува во клетката домаќин носи информација за биосинтеза на некој корисен производ. Растителните и животинските организми, како и микроорганизмите кои содржат изменет генетски материјал кој не се јавува при процесите на размножување во природата се нарекуваат **генетски модифицирани организми (ГМО).**

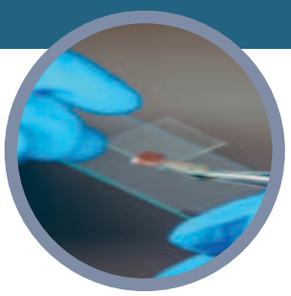
Генетски инженеринг или рекомбинантна ДНК-технологија е процес на внесување на туѓ ген во клетка домаќин.

Клетки домаќини можат да бидат микроорганизми, растителни и животински клетки.

Генетски модифицираните организми (ГМО) содржат изменет генетски материјал.



Слика 10.5 →
Споредба на геномот на прокариотска и еукариотска клетка



Примената на прокариотските микроорганизми во генетскиот инженеринг има низа предности во споредба со еукариотските клетки на растенијата и животните [слика 10.5]:

- **Микроорганизмите брзо растат** и за кратко време може да се добијат голем број идентични копии на клетки (клонови). Бактеријата *Escherichia coli* која се користи за добивање на биотехнолошки производи се размножува само за 15 минути, а за размножување на растителните и животинските клетки се потребни од неколку дена до неколку месеци
- **Бактериите имаат помал геном** во споредба со растенијата и животните.
- Геномот на бактериите е претставен со еден **основен хромозом** и мали кружни ДНК-молекули познати како **плазмиди**.
- Плазмидите од бактериите се користат како **вектори** за **пренесување гени** во различни клетки домаќини.

Геномот кај бактериите се состои од еден хромозом и плазмиди.

Рекомбинантна ДНК-технологија (молекуларна биотехнологија)

Бактериите се засејуваат (инокулираат) на хранлива подлога и се инкубираат на соодветна температура, при што брзо се размножуваат и за кратко време се добиваат голем број клетки. Поради тоа, бактериите имаат голема примена во генетскиот инженеринг како модел организми. Геномот кај бактериските клетки се состои од **главен бактериски хромозом** и една или повеќе мали кружни ДНК-молекули наречени **плазмиди** [слика 10.5]. Плазмидната ДНК содржи неколку генски секвенци, од кои посебно значење имаат **маркер-гените** одговорни за отпорноста на бактериите кон антибиотици.

Маркер-гените од плазмидите се одговорни за отпорност на бактериите спрема антибиотици.

Рекомбинантната ДНК-технологија (**клонирање гени**) ги опфаќа следниве фази [слика 10.6]:

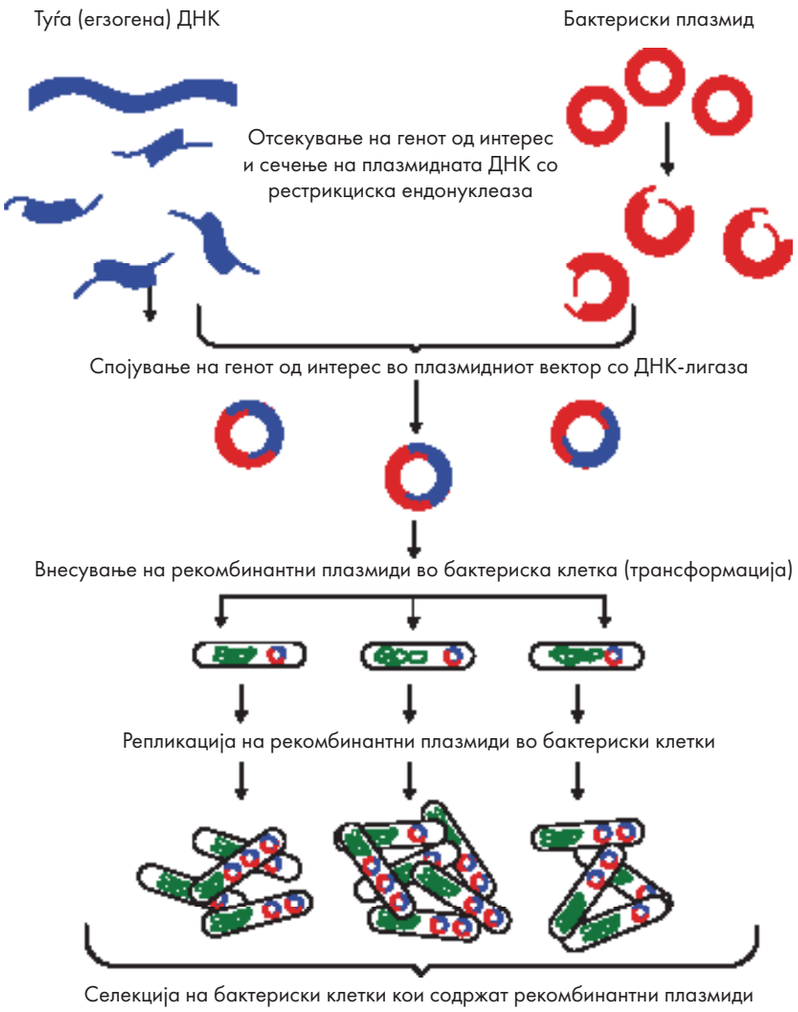
- **екстракција на туѓа или егзогена ДНК** од геномот на клетка донатор која го содржи генот од интерес (**ДНК-сегмент**),
- **изолација (отсекување)** на генот од интерес со помош на ензим **рестрикциска ендонуклеаза** или **„молекуларна ножичка“**, која го препознава местото каде што се наоѓа генот (специфична генска секвенца),
- **сечење на кружната плазмидна ДНК** со помош на ита-

Рекомбинантната ДНК-технологија е позната како процес на клонирање гени.

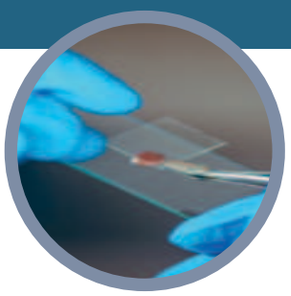
Рекомбинантен плазмид е вектор или пренесувач на ген од интерес во клетка домаќин.

та рестрикциска ендонуклеаза и отворање на плазмидот, кој претставува вектор или **„молекуларно возило"** во кој ќе се внесе генот од интерес,

- Рестрикциската ендонуклеаза формира **лепливи (комплементарни) краеви** на егзогената ДНК и плазмидната ДНК,
- **внесување на генот од интерес во плазмидниот вектор** и нивно меѓусебно спојување со помош на ензимот **ДНК-лигаза** позната како **„молекуларно лепило"**,
- на таков начин се формира **рекомбинантна ДНК** или **рекомбинантен плазмид** кој го поседува генот од интерес,



Слика 10.6 →
Рекомбинантна ДНК-технологија



- **рекомбинантен плазмид** претставува вектор или пренесувач на генот од интерес во клетка домаќин (прокариотска или еукариотска клетка).
- процесот на внесување на рекомбинантните плазмиди во бактериските клетки се нарекува **трансформација**, а во еукариотските клетки е познат како **трансфекција**,
- **размножување, селекција и идентификација на клетки домаќини** кои ја содржат рекомбинантната плазмидна ДНК.

Трансформација е внесување на рекомбинантни плазмиди во бактерии.

Внесување на рекомбинантни плазмиди во еукариотски клетки се вика трансфекција.

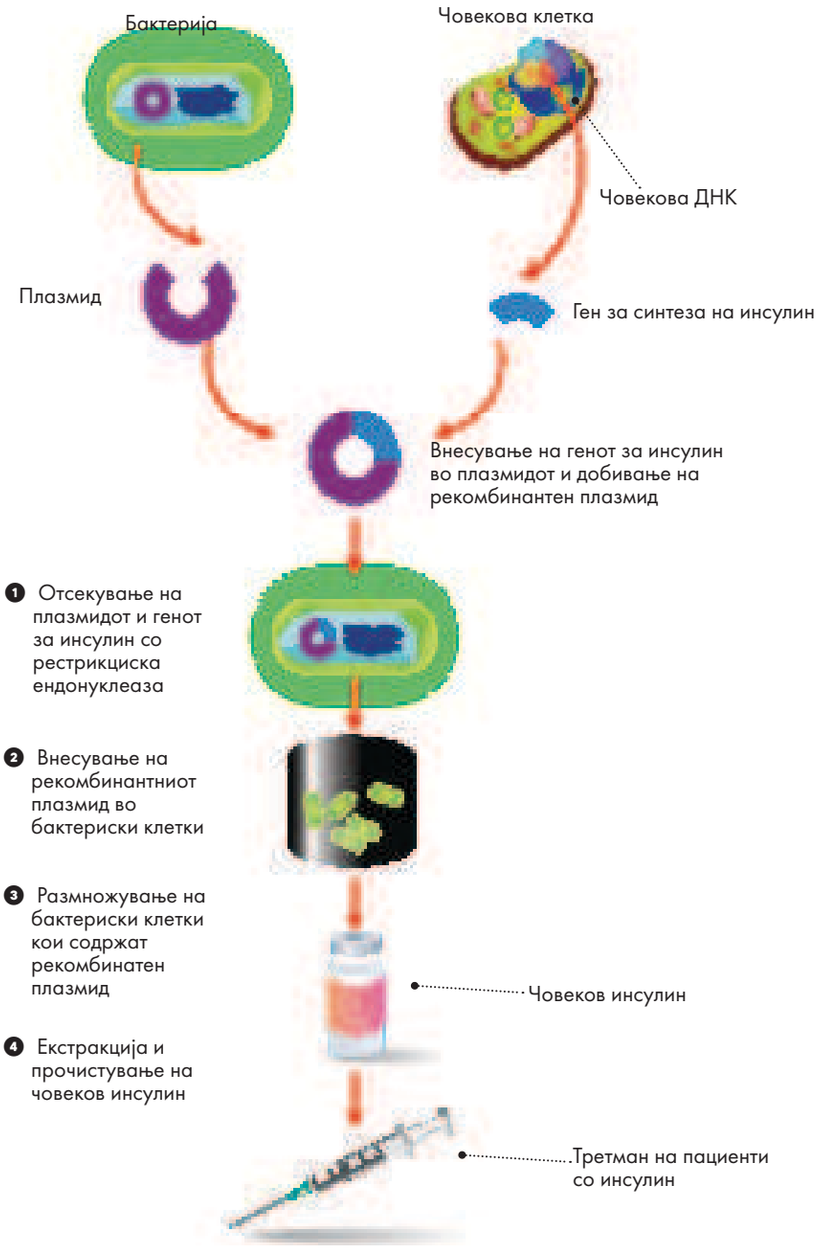
Трансфер на гени во бактериска клетка

Рекомбинантниот плазмид се користи како вектор за **трансформација на бактериска клетка домаќин** [слика 10.6]. За таа цел, бактериите се инкубираат заедно со рекомбинантниот плазмид во раствор од калциум хлорид при ниска температура (0 °C), а потоа се изложуваат на температура од 40 °C. Потоа, бактериите се култивираат на селективна хранлива подлога која содржи антибиотик. На селективната подлога ќе се размножат само трансформираните бактериски клетки кои во рекомбинантниот ДНК-плазмид истовремено го содржат генот од интерес и маркер-генот за отпорност кон антибиотикот.

Примена на трансформирани бактериски клетки во производство на лекови

Трансформираните бактериски клетки наоѓаат примена во производство на голем број фармацевтски препарати кои имаат примена во медицината. Првиот комерцијален производ во фармацевтската индустрија добиен со рекомбинантна ДНК-технологија е човековиот **инсулин** за третман на дијабетес [слика 10.7]. Инсулинот е полипептиден хормон кој со децении се изолирал од говедскиот панкреас и се користел за третман на дијабетични пациенти. Главен недостаток на говедскиот инсулин е минималната разлика во аминокиселинската секвенца во споредба со човековиот инсулин, што предизвикува имунолошка реакција кај луѓето. Овој недостаток бил надминат со клонирање на гените за човеков инсулин во плазмидни вектори кои биле размножени во клетките на бактеријата *Escherichia coli*. Трансформираните бактериски клетки функционираат како „биофабрики“ за производство на неограничено количество чист човеков инсулин што не предизвикува имунолошки реакции.

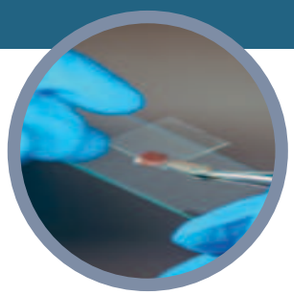
Човековиот инсулин е прв лек добиен со рекомбинантна ДНК технологија.



Слика 10.7 →
Примена на рекомбинантна ДНК-технологија во производство на инсулин

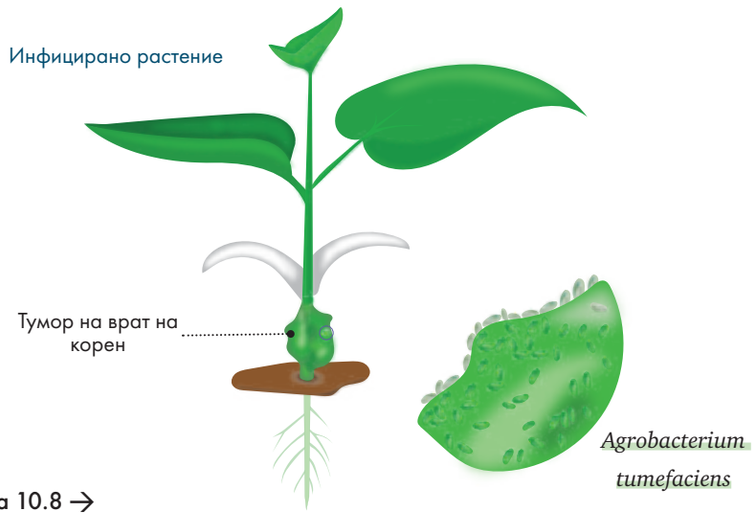
Денес, рекомбинантната ДНК-технологија се применува во производството на голем број терапевтски препарати:

- **еритропоетин** за терапија на анемија кај пациенти со бубрежна дијализа,
- **коагулациски фактор** за третман на хемофилија,
- **фактор на раст** за лекување на џуџест раст кај децата,
- **вакцини** за стимулирање на имуниот систем кај човекот.



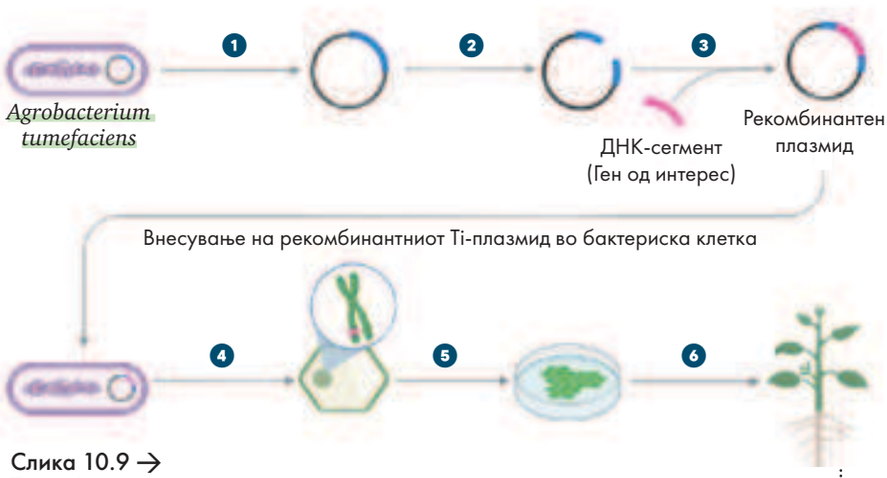
Трансфер на гени во растителна клетка

Трансферот на туѓата ДНК во растителните клетки најчесто се одвива со помош на **Ti-плазмид** од почвената бактерија *Agrobacterium tumefaciens*. При инфекција на растенијата со бактерискиот Ti-плазмид се појавуваат тумори на вратот на коренот [слика 10.8].



Слика 10.8 →
Инфекција на растенијата со *Agrobacterium tumefaciens*

Со примена на рекомбинантна ДНК-технологија, во Ti-плазмидот може да се внесе туѓа ДНК-секвенца. Добиениот рекомбинантен Ti-плазмид претставува вектор за пренесување на туѓата ДНК-секвенца во геномот на инфицираните растителни клетки [слика 10.9]. Рекомбинатната ДНК-технологија со *A. tumefaciens* има примена во современото земјоделство за добивање на генетски модифицирани растенија со подобар принос и квалитет, отпорност кон хербициди и пестициди.



Слика 10.9 →
Трансфер на гени во растителна клетка со примена на *Agrobacterium tumefaciens*

1. Изолација на Ti - плазмид
2. Сечење на плазмидот со рестрикциски ензим
3. Сечење на ДНК-сегмент со истиот рестрикциски ензим и внесување во плазмидот
4. Внесување на рекомбинантниот плазмид во растителната клетка
5. Размножување на растителните клетки
6. Регенерација на трансгено растение



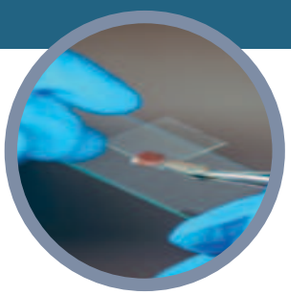
Слика 10.10 →
Споредба на култивиран ориз и генетски модифициран златен ориз

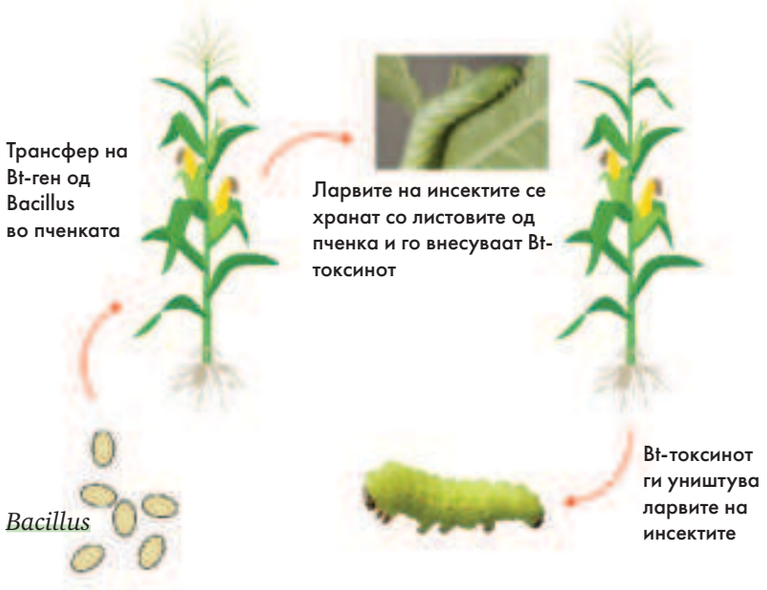
Генетски модифицирани растенија со подобар квалитет

Недостатокот на витамини во исхраната може да предизвика различни заболувања кај човекот. Витаминот А се синтетизира од провитаминот β-каротен, кој се внесува преку исхраната. Недостатокот на **витамин А** кај околу 400 милиони луѓе во светот предизвикува појава на слепило. Оваа појава најчесто се јавува кај луѓето од Кина, кои се хранат со ориз кој нема β-каротен, а содржи само прекурсори на овој провитамин. Со примена на рекомбинантната ДНК-технологија од некои бактерии (*Erwinia*) е извршено клонирање гени кои кодираат ензими за биосинтеза на β-каротен од неговите прекурсори. Овие гени биле внесени во геномот на оризот со помош на Ti-плазмидот како вектор. На таков начин е добиен генетски модифициран ориз со карактеристична жолта боја [слика 10. 10] поради присуството на β-каротен (**златен ориз**). Интересен е податокот што само мало количество од овој златен ориз ги задоволува дневните потреби од β-каротен кај човекот.

Генетски модифицирани растенија отпорни на инсектициди

Инсектите претставуваат голема закана врз приносот и квалитетот на растенијата. Во земјоделството се користат различни хемиски соединенија (инсектициди) кои ги уништуваат хербиворните инсекти, но имаат штетно влијание врз другите живи организми во екосистемот. Почвената бактерија *Bacillus thuringiensis* синтетизира протеин познат како **Bt-токсин** кој има поголемо инсектицидно дејство во споредба со комерцијалните инсектициди, а воопшто не е штетен за луѓето и животните. Со примена на генетскиот инженеринг, бактерискиот ген (**Bt-ген**) одговорен за биосинтеза на Bt-токсин бил изолиран од *Bacillus* и внесен во Ti-плазмидот од *A. tumefaciens*. Рекомбинантниот Ti-плазмид бил користен за добивање на генетски модифицирани растенија од домат, пченка, соја, компир и памук [слика 10. 11] кои биле отпорни на нападот од инсекти.



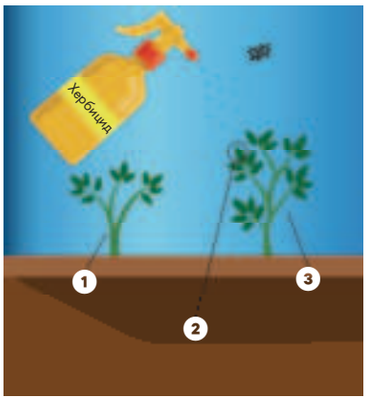


Слика 10.11 →
Генетски модифицирани растенија од пченка отпорни на инсектициди

Генетски модифицираните растенија се отпорни на инсектициди и пестициди.

Генетски модифицирани растенија отпорни на хербициди

Приносот на растителните култури може да се намали поради појавата на плевелни растенија кои ги искористуваат водата и хранливите материи од почвата. Во земјоделството се користат различни хемиски соединенија (хербициди) за уништување на плевелите. **Глифосат** е ефикасен хербицид кој ги елиминира речиси сите видови плевели, но може да има штетно влијание врз другите растенија во околината. Некои бактерии поседуваат гени одговорни за биосинтеза на ензими кои го разложуваат глифосатот. Овие гени се изолирани и внесени во геномот на пченка, памук и соја со цел да се добијат генетски модифицирани растенија отпорни на хербицидот глифосат [слика 10. 12].



❶ Немодифицирано растение

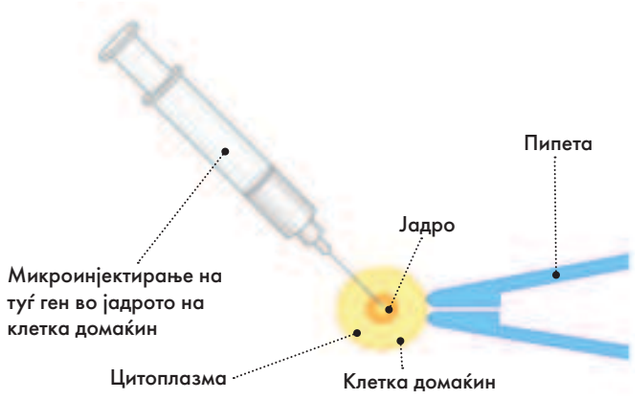
❷ Ензим отпорен на хербицид

❸ Модифицирано растение

Слика 10.12 →
Генетски модифицирани растенија отпорни на хербициди

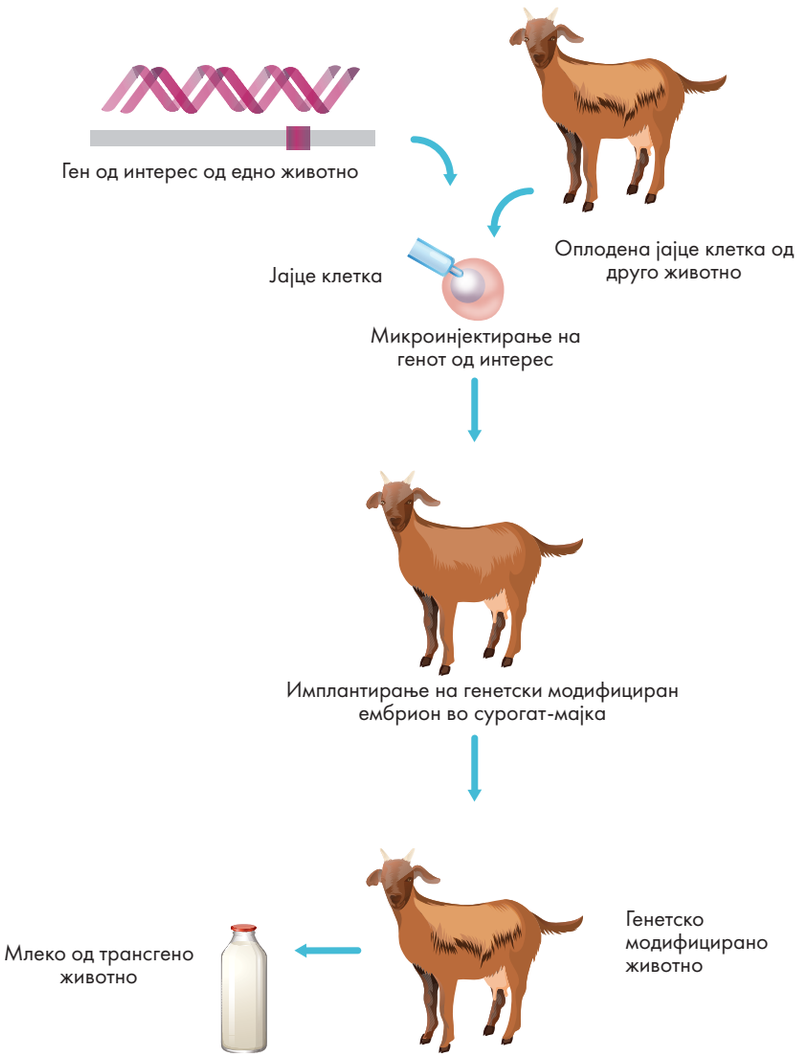
Трансфер на гени во животински клетки

Генетски модифицирани животни се добиваат со директно микроинјектирање [слика 10. 13] на туѓ ген од едно животно во оплодена јајце-клетка (зигот) од друго животно. Со делба на зиготот се добива генетски модифициран ембрион кој се имплантира во сурогат-мајка. Со развиток на ембрионот се добива генетски модифицирано животно. Првите трансгени животни биле експериментални глувци, а денес се добиени трансгени кози, кокошки, прасиња и крави [слика 10. 14].

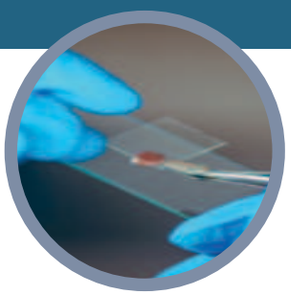


Слика 10.13 →
Директно микроинјектирање на туѓи гени

Генетски модифицираните животни се користат за добивање производи со повисока хранлива вредност.



Слика 10.14 →
Генетски модифицирани животни



Трансгените животни имаат широка примена во индустријата за подобрување на квалитетот на месото, млекото и волната, поголема мускулна биомаса, отпорност на болести, како и добивање производи од животинско потекло со повисока хранлива вредност.

АКО САКАШ ДА ЗНАЕШ ПОВЕЌЕ

Етанолот како биогориво

Етанолот се карактеризира со голем број предности како енергетски извор во споредба со фосилните горива. Етанолот се добива со ферментација на јаглехидратите под дејство на квасци. Пченката е доминантен извор на ферментирачки јаглехидрати кои се разградуваат до прости моносахариди и потоа се користат од страна на квасците за продукција на етанол.

Први комерцијализирани генетски модифицирани растенија

Први комерцијализирани генетски модифицирани растенија се тутун резистентен на вируси и домат со долг полуживот означен како Flavr Savr. Сепак, ниту едно од овие генетски модифицирани растенија не успеале континуирано да се поризведуваат на пазарот.

Прв генетски модифициран хранлив производ

Првиот генетски модифициран хранлив производ е химозин кој претставува коагулирачки агенс за млеко. При производството на повеќе тврди сирења се користи химозин.

Култивирање на генетски модифицирани растенија во светот

Во последните две децении, речиси 500 милиони хектари обработливи површини во светот биле засадени со комерцијални генетски модифицирани култури. Генетски модифицирани култури континуирано се произведуваат во САД, Аргентина, Канада и Кина. Доминантни генетски модифицирани култури во САД се соја, пченка и памук.

Активисти против генетски модифицирана храна

Прашањето „Дали сакате гени од риба во вашите домати?“ постојано се користи од страна на активистите против употребата на генетски модифицирана храна во нивните кампањи и медиумите. Сепак, експериментот за трансфер на антифризен протеин од риба која живее во студени води во геномот на домат за да се зголеми неговата толерантност кон ниски температури бил спроведен само еднаш и овие истражувања биле неуспешни.

Кратка содржина

- Биотехнологијата е научна дисциплина која опфаќа преработка на органски соединенија и добивање на прехранбени производи или лекови со помош на клетки од живи организми.
- Микроорганизмите се користеле пред илјадници години за добивање леб, пиво, вино, сирење и јогурт, како и други ферментирани производи.
- Примери за биотехнолошки процеси се производството на антибиотици, детергенти, додатоци во исхраната, биогорива, метан, ѓубрива, пестициди и др.
- Бактериските и растителните клетки вршат хемиска трансформација (биотрансформација) на суровините од подлогата со помош на ензими од своите метаболички процеси, при што се добиваат нови производи.
- Ферментација е процес кој се одвива во анаеробни услови, при што шеќерите се оксидираат до етанол (алкохолна ферментација) или млечна киселина (млечнокиселинска ферментација).
- Биотехнолошките процеси се одвиваат во специјални уреди наречени ферментори или биореактори и опфаќаат три фази: подготовка на микроорганизми, биотрансформација, како и екстракција и прочистување.
- Генетски инженеринг или рекомбинантна ДНК-технологија претставува процес на пренесување ген изолиран од туѓа клетка во клетка домаќин (бактерија, квасец, растителна или животинска клетка).
- Организмите кои содржат изменет генетски материјал и не се среќаваат во природата се викаат генетски модифицирани организми (ГМО).
- Прокариотските организми имаат поголема примена во генетскиот инженеринг поради присуство на мал геном, плазмиди како вектори за пренесување гени и брзо размножување.
- Рекомбинантна ДНК-технологија ги опфаќа следниве фази: екстракција на туѓа ДНК, изолација на генот од интерес, сечење на кружната плазмидна ДНК, формирање на леплливи краеви на егзогената и плазмидната ДНК и нивно меѓусебно спојување, добивање на рекомбинантен плазмид, како и селекција и идентификација на клетките домаќини кои содржат рекомбинантен плазмид.
- Со примена на генетски инженеринг се врши трансфер на гени во бактериски клетки за производство на лекови (инсулин) и други терапевтски препарати.
- Генетски модифицираните растенија можат да имаат подобар принос и квалитет (златен ориз) или отпорност на инсектициди и хербициди.
- Генетски модифицираните животни можат да имаат подобар квалитет на месо, млеко, волна, отпорност на болести, поголема хранлива вредност и др.

ПРОВЕРЕТЕ ГО ВАШЕТО ЗНАЕЊЕ

1. Што е биотехнологија?
2. Набројте неколку биотехнолошки производи кои се користат во секојдневниот живот!
3. Која е примената на биотехнологијата во фармацевтската индустрија?
4. Кои производи се добиваат со примена на биотехнолошките процеси во прехранбената и хемиската индустрија?
5. Која е примената на биореакторот?
6. Опиши ги главните фази на биотехнолошките процеси!
7. Што претставува процесот на ферментација? Објасни ги алкохолната и млечнокиселинската ферментација!
8. Што е генетски инженеринг?
9. Кои организми можат да се користат во генетскиот инженеринг?
10. Кои организми имаат поголема примена во генетскиот инженеринг?
11. Набројте ги фазите во процесот на рекомбинантна ДНК-технологија!
12. Набројте неколку фармацевтски производи добиени со генетски инженеринг кои имаат примена во медицината!
13. Која е предноста на генетски модифицираните растенија?
14. Набројте некои примери за генетски модифицирани растенија!
15. Која е предноста на генетски модифицираните животни?
16. Истражете ја употребата и примената на генетски модифицирани организми во нашата земја!
17. Организирајте дебата за примената на генетски модифицирани организми!



БИОЛОГИЈА
БИОЛОГИЈА
БИОЛОГИЈА
БИОЛОГИЈА
БИОЛОГИЈА
БИОЛОГИЈА