

АКАДЕМИЈА ФУДБАЛА БЕОГРАД

**Др Нађат Карзоун
Др Милош Обреновић**

**ОСНОВЕ АНАТОМИЈЕ И
ФИЗИОЛОГИЈЕ СПОРТА**

Београд, 2013

**ВИСОКА ШКОЛА СТРУКОВНИХ СТУДИЈА
АКАДЕМИЈА ФУДБАЛА БЕОГРАД**

Др Нађат Карзоун
Др Милош Обреновић

**ОСНОВЕ АНАТОМИЈЕ И
ФИЗИОЛОГИЈЕ СПОРТА**

Београд, 2013

ОСНОВЕ АНАТОМИЈЕ И ФИЗИОЛОГИЈЕ СПОРТА
Др Нађат Карзоун; Др Милош Обреновић

Издавачи:

«Д.Т.А. ТРАДЕ» Београд
и
Висока школа струковних студија
АКАДЕМИЈА ФУДБАЛА Београд

Рецензенти:

Др Владимир Јорга
Др Вера Пантовић

Одговорни уредник
Др Стефан Илић

Уредник
Др Владислав Илић

Тираж:
300 примерака

Штампа:
«Д.Т.А. ТРАДЕ» Београд

ISBN: 978-86-916055-0-6

САДРЖАЈ

АНАТОМИЈА.....	8
1. УВОД.....	9
Основни појмови и конвенције у анатомији.....	9
Положај тела.....	9
Оријентационе равни и осе.....	10
2. КОСТИ (ОСТЕОЛОГИЈА).....	11
Грађа костију.....	11
Скелет човека.....	12
1. Кости трупа.....	12
Кости кичменог стуба.....	12
Кости грудног коша.....	15
2. Кости удова (екстремитета).....	17
Кости горњег уда (горњег екстремитета).....	17
Кости доњег уда (доњег екстремитета).....	21
3. Кости главе.....	26
Кости лобање (<i>ossa cranii</i>).....	27
Кости лица (<i>ossa faciei</i>).....	27
3. ЗГЛОБОВИ (СИНДЕСМОЛОГИЈА).....	29
Зглобови.....	29
Активни покрети у зглобу.....	31
Врсте зглобова.....	33
1. Зглобови трупа.....	33
2. Зглобови главе.....	35
3. Зглобови горњег уда.....	36
4. Зглобови доњег уда.....	40
4. МИШИЋИ (MYOLOGIA).....	47
ОСНОВНИ ПОЈМОВИ О МИШИЋИМА.....	47
ГРАЂА МИШИЋА.....	48

ПОДЕЛА МИШИЋА	49
1. Мишићи трупа	49
Мишићи леђа	49
Мишићи трбуха (Мишићи трбушног зида)	53
Мишићи грудног коша	56
Мишићи врата.....	59
2. Мишићи главе.....	61
3. Мишићи горњег уда (Руке)	61
Мишићи рамена	61
Мишићи надлакти.....	64
Мишићи подлакти.....	66
Мишићи шаке	67
4. Мишићи доњег уда (Ноге).....	68
Мишићи бедра	68
Мишићи бута (Наколенице)	70
Мишићи потколенице.....	72
Мишићи стопала.....	74
5. ОРГАНИ (СПЛАНХНОЛОГИЈА)	76
ПРИБОР ЗА ВАРЕЊЕ (APPARATUS DIGESTORIUS).....	76
ПРИБОР ЗА ДИСАЊЕ (APPARATUS RESPIRATORIUS).....	80
МОКРАЋНО – СПОЛНИ ПРИБОР (APPARATUS UROGENITALIS).....	83
5. АНГИОЛОГИЈА (SYSTEMA VASORUM).....	86
1. Срце (COR)	88
2. АРТЕРИЈСКИ СИСТЕМ (TRUNCUS PULMONALIS).....	90
3. ВЕНСКИ СИСТЕМ.....	94
4. КРВ	95
5. ЛИМФНИ СИСТЕМ (SYSTEMA LYMPHATICUM)	97
6. СЛЕЗИНА (LIEN).....	98
6. НЕУРОЛОГИЈА	99
Састав и грађа нервног система	99
Нерви и њихови завршеци.....	100
Централни нервни систем (systema nervosum centrale)	101
ФИЗИОЛОГИЈА.....	105
1. УВОД.....	106
Основни појмови у физиологији.....	106

2. ДИСАЊЕ.....	107
Плућна вентилација	107
Дисајни путеви	108
Респираторна површина	108
Регулација и контрола дисања.....	109
Нервна контрола дисања.....	109
Хуморална контрола дисања	109
Дисајни волумени и капацитети.....	110
Размена гасова у плућима.....	111
Размена гасова у ткивима	112
Пренос кисеоника путем крви	112
3. КРВ.....	115
Опште карактеристике крви	115
Лимфа	119
Срце (cor).....	119
Фреквенција срца за време и после рада.....	124
Дејство спортског тренинга на срце.....	125
Величина срца	126
Тренинг у детињству.....	126
Праг интензитета за дејство тренинга на срце.....	126
Срчани резервни капацитет	126
Срчани шумови	127
4. ВАРЕЊЕ.....	128
Органи за варење.....	128
Хемијска обрада хране (како функционише варење)	129
Метаболизам	129
Катаболизам	130
5. МЕТАБОЛИЗАМ ВОДЕ И СОЛИ И ТЕРМОРЕГУЛАЦИЈА	131
Дехидратација	131
Терморегулација.....	132
Аклиматизација.....	137
6. НЕРВНИ СИСТЕМ И КООРДИНАЦИЈА МИШИЋНЕ АКТИВНОСТИ	139
Систем за кретање.....	139
Чула (Анализатори).....	139
Нервни систем.....	141
1. Соматични (Анимални) нервни систем.....	141
2. Вегетативни (Висцерални) нервни систем.....	146
7. МИШИЋНО - КОШТАНО-ЗГЛОБНИ СИСТЕМ.....	147
Мишићни систем.....	147
Инервација мишића.....	148
Физичка и физиолошка својства мишића.....	148
8. ЛИТЕРАТУРА.....	156

АНАТОМИЈА

1. УВОД

ОСНОВНИ ПОЈМОВИ И КОНВЕНЦИЈЕ У АНАТОМИЈИ

Анатомија је наука о облику и грађи живих бића (гр. *Anatome* - сећи, одвојити, рашчланити).

Анатомија се може поделити на макроскопску - топографску анатомију и микроскопску анатомију (хистологија - анатомија ткива и цитологија - анатомија ћелије).

У оквиру уџбеника биће изучавана топографска анатомија човека коју сачињавају следеће области:

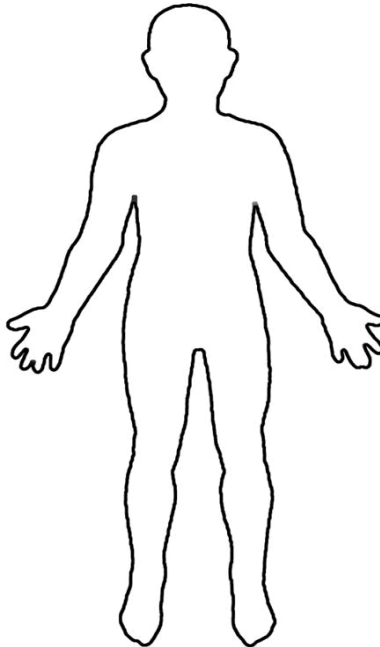
1. ОСТЕОЛОГИЈА (*Osteologia*) - наука о костима
2. СИНДЕСМОЛОГИЈА (*Syndesmologia*) - наука о зглобовима
3. МИОЛОГИЈА (*Myologia*) - наука о мишићима
4. СПАНХНОЛОГИЈА (*Spanchnologia*) - наука о унутрашњим органима
5. АНГИОЛОГИЈА (*Angiologia*) - наука о крвним судовима
6. НЕУРОЛОГИЈА (*Neurologia*) - наука о нервном систему и чулима

Ради прецизне оријентације и разумевања при описивању анатомских елемената, усвојена су извесна правила.

ПОЛОЖАЈ ТЕЛА

Уобичајени положај тела је у стојећем ставу, опружених руку и ногу, паралелних стопала и шака окренутих тако да длан гледа напред.

Посматра се предња страна тела. Од овог правила постоје ретки изузеци, који су на одговарајућим местима у овом уџбенику наглашени.



Слика 1. Уобичајени - анатомски положај тела

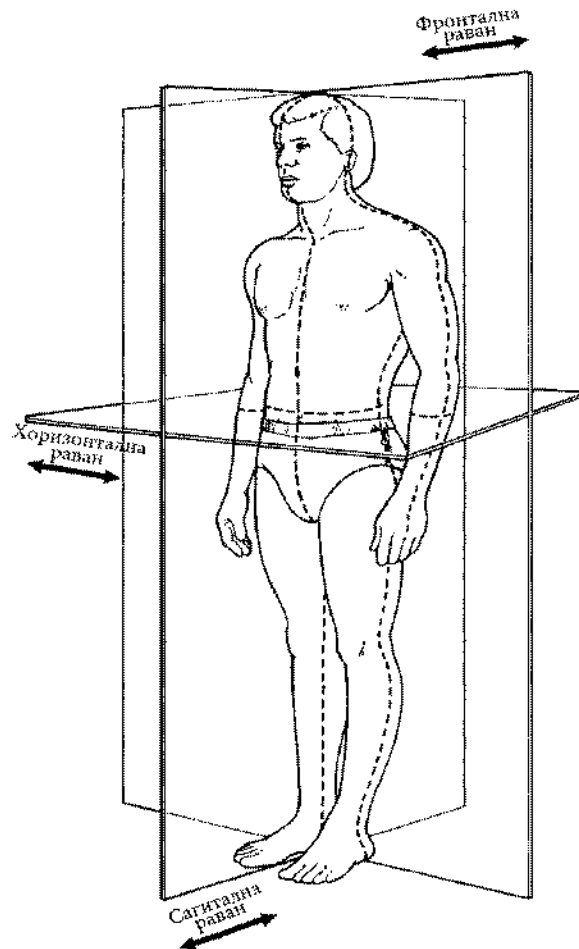
ОРИЈЕНТАЦИОНЕ РАВНИ И ОСЕ

Све ове три равни међусобно стоје под правим углом. Сем равни, у анатомији се говори и о одређеним **оријентационим осам**, названим према томе коју раван секу под правим углом. Тако постоје:

1. **Фронтална оса** (сече фронталну раван, а лежи у пресеку сагиталне и хоризонталне равни);
2. **Сагитална оса** (сече сагиталну раван, а лежи у пресеку фронталне и хоризонталне равни); и
3. **Хоризонтална оса** (сече хоризонталну раван, а лежи у пресеку фронталне и сагиталне равни).

Као што је случај са равнима и овде не постоји само по један примерак датих оса, већ практично кроз сваку тачку на било ком делу тела могуће је поставити све поменуте замишљене осе и равни, и тако гледати односе околних анатомских елемената у односу на ту тачку.

1. **Чеона, односно фронтална раван.** То је вертикална раван паралелна са челом. Ако посматрамо два дела тела који леже у различитим фронталним равнима, онда је један од њих испред оног другог. У односу на ову раван дефинишемо појмове **предњи** (*anterior*) и **задњи** (*posterior*). Користе се и појмови **трбушни** (*ventralis*) у смислу предњи, односно **леђни** (*dorsalis*) у смислу задњи.
2. **Бочна, односно сагитална раван.** То је вертикална раван која пролази средином тела и дели га на две симетричне половине, леву и десну. Свака раван која је паралелна тој средишњој сагиталној равни такође се зове сагитална (на пример, ушна шкољка већине људи лежи у приближно сагиталној равни). У односу на сагиталну раван дефинисани су појмови **спољашњи** (*lateralis*) и **унутрашњи** (*medialis*). Оно што је ближе сагиталној равни је означено као унутрашње односно медијално, а даље од исте равни је означено као спољашње, односно латерално.
3. **Водоравна или хоризонтална раван,** која лежи под правим углом у односу на фронталну и сагиталну раван, дели тело на горњи и доњи део. У односу на хоризонталну раван дефинисани су појмови **горњи** (*superior*) и **доњи** (*inferior*).



Слика 2. Оријентационе равни и осе

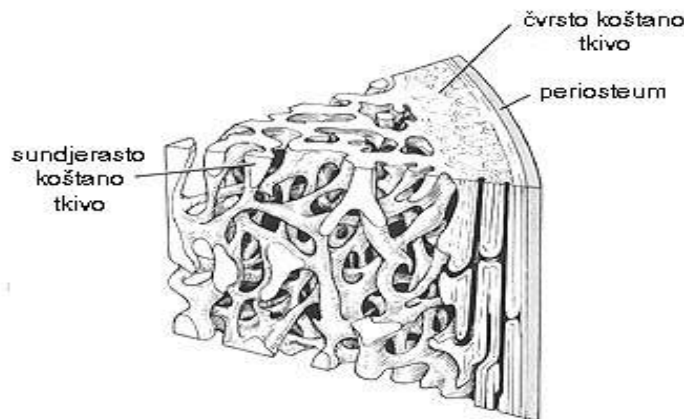
2. КОСТИ (ОСТЕОЛОГИЈА)

Остеологија је наука која се бави проучавањем костију (лат. - *ossa*). У човечијем организму кости имају улогу да осигурају положај и стабилност тела као и да штите унутрашње органе од спољашњих утицаја. Заједно са зглобовима и мишићима учествују у остваривању кретања тела у целини као и појединачних органа. Кости се деле на **дуге, кратке, пљоснате и неправилне**.

- **Дуге кости** припадају удовима и састоје се од тела (*corpus*) тј. дијафизе (*diaphysis*) и два крајка, епифизе (*epiphysis*).
- **Кратке кости** чине кичмени стуб, шаке и стопала и учествујући у формирању зглобова омогућавају покрете.
- **Пљоснате кости** припадају глави, лицу, грудном кошу и карлици. Основна улога ових костију је образовање шупљина које штите унутрашње органе.
- **Неправилне кости** су све кости које се не могу сврстати у горе наведене категорије (нпр. ребра и неке кости главе).

ГРАЂА КОСТИЈУ

Површина костију прекривена је (осим зглобних делова) **покосницом** (*periosteum*), беличастим везивним ткивом. У дубљим слојевима покоснице налазе се нерви, крвни судови и младе коштане ћелије (*osteoblasti*). Површински део кости чини **чврсто коштано ткиво** док су дубљи слојеви испуњени **сунђерастим коштаном ткивом**.

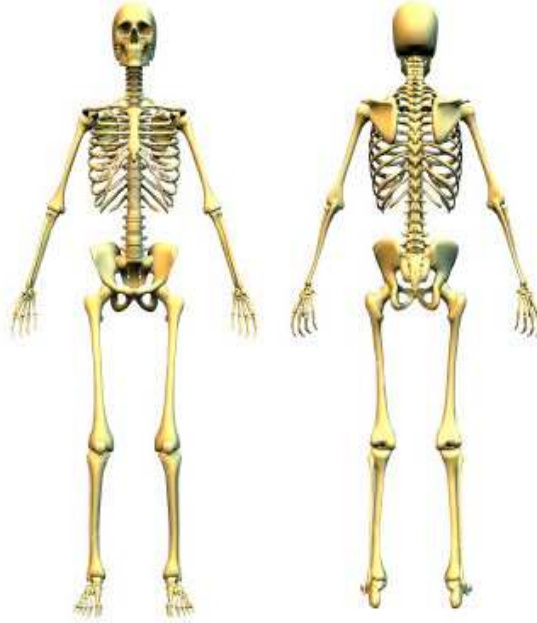


Слика 3. Грађа костију

Шупљине дугих костију и шупљине сунђерастог коштаног ткива испуњене су **коштаном сржи** у којој се производи већи део крвних ћелија.

СКЕЛЕТ ЧОВЕКА

Скелет човека се дели на: КОСТИ ТРУПА, КОСТИ УДОВА и КОСТИ ГЛАВЕ



Слика 4. Скелет човека

1. Кости трупа

У костур трупа спадају: кости кичменог стуба и кости грудног коша

Кости кичменог стуба

Кичмени стуб (*columna vertebralis*) је основни, најдужи део осовинског, аксијалног скелета. Он даје трупу неопходну чврстину а истовремено омогућава покретљивост. Пружа се средином задње стране врата и трупа. Зглобљава се својим горњим крајем са лобањом, док се идући наниже спаја са ребрима и костима горњих и доњих екстремитета.

Кичмени стуб посматран у целини представља кугласти зглоб, у коме се изводе:

- прегивање (*flexio*)
- опружање (*extensio*),
- бочно савијање (*lateroflexio*) и
- увијање (*rotatio*) око уздужне осовине.

Кичмени стуб није прав већ има кривине у сагиталној и фронталној равни. То су **физиолошке кривине** и развијају се током одрастања.

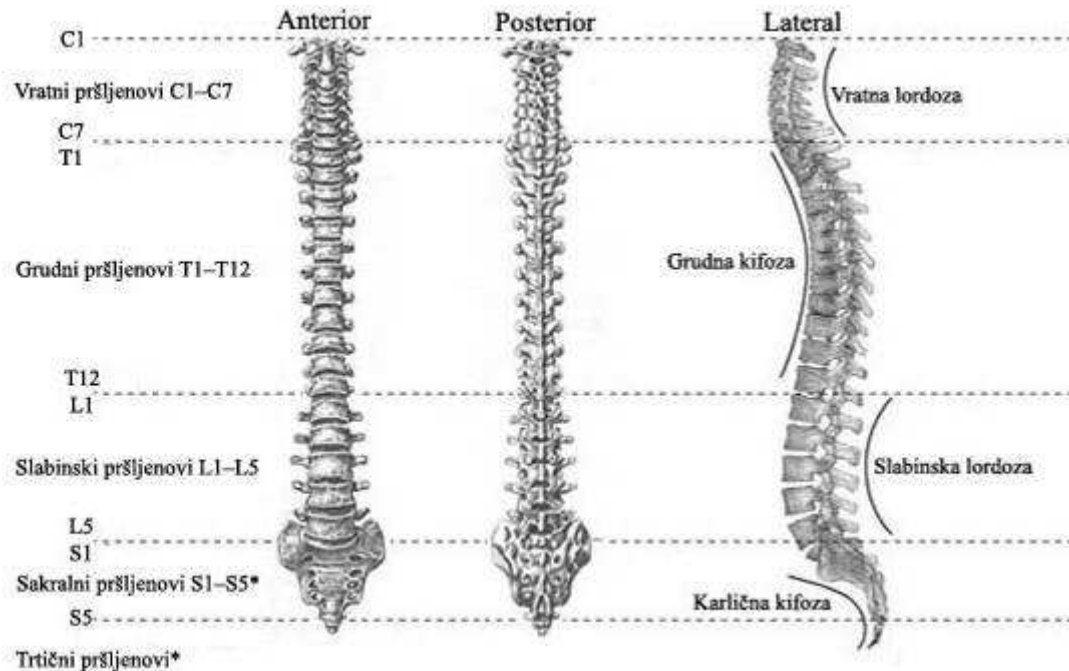
У сагиталној равни разликују се следеће кривине:

- вратна кривина конвексна унапред (вратна лордоза),
- грудна кривина конвексна уназад (грудна кифоза),
- слабинска кривина конвексна унапред (слабинска лордоза) и
- карлична кривина конвексна уназад.

У **фронталној равни** постоји кривина између петог и осмог грудног пршљена - **грудна сколиоза**. Она је код дешњака конвексна у десно.

Кичмени пршљенови (*vertebrae*). Кичмени стуб граде **33 - 34** кичмена пршљена (*vertebrae*), који су међусобно повезани зглобовима, везама и мишићима и деле се зависно од дела кичменог стуба који граде на:

- **вратне** (*vertebrae cervicales*) - 7 пршљенова
- **грудне** (*vertebrae thoracicae*) - 12 пршљенова
- **слабинске** (*vertebrae lumbales*) - 5 пршљенова
- **крсне*** (*vertebrae sacrales*) - 5 пршљенова сраслих у крсну кост (*os sacrum*)
- **тртичне*** (*vertebrae coccygeae*) - 4-5 пршљенова сраслих у тртичну кост (*os coccygis*).



Слика 5. Кичмени стуб (пршљенови и физиолошке кривине)

Тело пршљена (*corpus vertebrae*) је предњи, масивнији део пршљена. Оно је у облику ваљка, мало суженог у средини. Тело има две стране (*горњу и доњу*) и обод. Тела два суседна пршљена спајају се преко горње и доње стране, између којих се налази **међупршљенски колут** (*discus intervertebral*).

Лук пршљена (*arcus vertebrae*) је задњи део пршљена и састоји се из два парна дела, **корена** и **пљочице**. Горња и доња ивица лука су издубљене, па ивице два суседна пршљена граде **међупршљенски отвор** кроз који пролази кичмени живац.

Прва 24 пршљена су покретни и могу се међусобно раздвојити па се називају **прави пршљенови** (*vertebrae verae*).

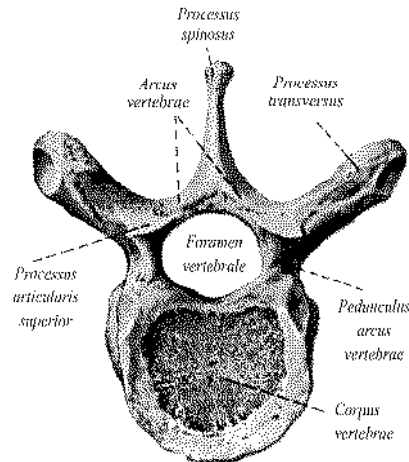
Крсни и тртични пршљенови су срасли у крсну и тртичну кост, не могу се међусобно раздвојити и називају се **лажни пршљенови** (*vertebrae spuriae*).

Кичмени пршљенови, спојени међусобно, формирају **кичмени канал** (*canalis vertebralis*), који се пружа целом дужином кичменог стуба. У овом каналу налази се **кичмена мождина** (*medulla spinalis*) са својим омотачима - можданицама (*meninges*), коренови кичмених живаца (*nn. spinales*) и крвни судови.

Зависно од дела кичменог стуба коме припадају, пршљенови се међусобно разликују. Они поседују одређене заједничке и посебне одлике. Пршљенови спадају у кратке кости неправилног облика.

На њима се разликују:

- **тело** (*corpus vertebrae*),
- **лук** (*arcus vertebrae*),
- **пршљенски отвор** (*foramen vertebrae*) и
- **наставци** (*processus*)



Слика 6. Кичмени пршљен

Пршљенски отвор (*foramen vertebrae*) налази се у средишту пршљена. Напред га ограничава задња страна тела пршљена, а бочно и позади лук пршљена. Пршљенски отвори граде **кичмени канал** (*canalis vertebralis*), који није једнаке ширине у свим својим деловима, а кроз који пролази кичмена мождина, њени омотачи и крвни судови.

Ртни наставка (*processus spinosus*) је непарна, неравна плочица управљена уназад која настаје спајањем две парне плочице пршљенских лукова. Обзиром да је врх ртног наставка управљен уназад може се опипати под кожом, што је од значаја за одбројавање пршљенова.

Попречни наставка (*processus transversus*) је парни наставка који полази од споја корена и плочице пршљенског лука и управљен је упоље и уназад. Попречни наставка се највише разликује у различитим сегментима кичменог стуба и један је од најважнијих елемената у идентификацији пршљенова.

На ртном и попречним наставцима пршљенова, **припајају се бројни мишићи леђа и међупршљенске везе**, а попречни наставци грудних пршљенова се зглобљавају са ребрима.

Зглобни наставци, горњи и доњи (*processus articulares superiores et inferiores*) су парне коштане формације, које учествују у зглобљавању два суседна пршљена. Полазе од споја корена и плочице лука пршљена. Зглобне површине горњих наставака управљене су уназад, а доњих наставака унапред. На тај начин спречава се померање пршљенова унапред. Ови наставци не преносе тежину тела већ се она преноси преко тела пршљенова.

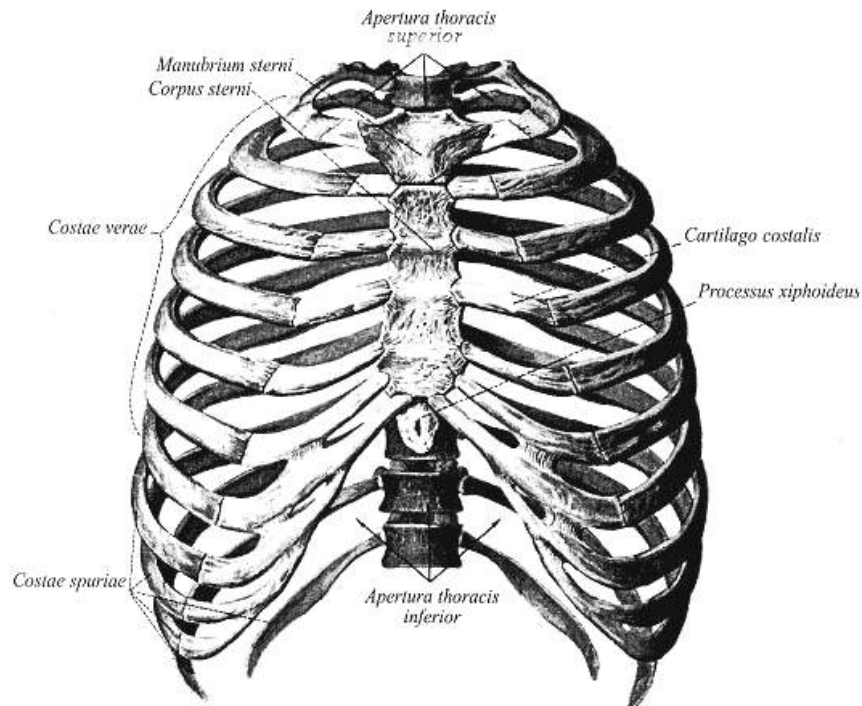
Горњи отвор грудног коша (*apertura thoracis superior*) има бубрежаст облик и његов сагитални пречник је 6-7 cm, а највећи попречни пречник је 11-12 cm. Раван горњег отвора је нагнута напред и надолу под углом од 30-35 степени.

Доњи отвор (*apertura thoracis inferior*) је знатно већи од горњег и његова равна је нагнута назад и надолу, од врха **мачног наставка** грудне кости (*processus xiphoideus*) до тела XII грудног пршљена.

Кости грудног коша

Грудни кош (*thorax*) је горњи део трупа. Његова предња страна су **прса** (*pectus*), а задња **леђа** (*dorsum*). Грудни кош у анатомском смислу сачињавају: **зидови** грудног коша и **грудна дупља** (*cavitas thoracis*), а образују ребра, ребарне рскавице, грудна кост и грудни део кичменог стуба.

Грудни кош је у непосредној анатомској и функционалној вези са **вратом** (*collum*) горе и доле са **трбухом** (*abdomen*). Код одраслих има облик зарубљене купе која је благо спљоштена у сагиталној равни, од напред према назад.



Слика 7. Кости грудног коша (Apertura thoracis superior)

У грудној дупљи смештени су велики органи:

- а. трахеја и плућа,
- б. срце и велики крвни судови,
- в. једњак,
- г. велика нервна стабла,
- д. лимфни чворови и лимфно стабло.

Зидови грудног коша чине јединствену целину, која се успешно супроставља дејству атмосферског притиска, а њиховим кретањем се мења запремина и притисак у грудној дупљи, што је неопходно за функцију дисања и циркулацију крви. Зид грудног коша је грађен од три слоја.

- **Први слој** чине кожа, поткожно масно ткиво и мишићи.
- **Други слој** је коштани и граде га грудна кост, ребра, ребарне хрскавице, грудни део кичменог стуба, зглобови и међуребарни мишићи. Овом слоју припада и пречага или дијафрагма која одваја грудну од трбушне дупље.
- **Трећи слој** чине унутрашња грудна фасција и ребарна плућна марамица.

Кости грудног коша чине:

1. **грудна кост** (*sternum*),
2. **ребра** (*costae*),
3. **ребарне хрскавице** (*cartilagine costales*) и
4. **грудни пршљенови** (*vertebrae thoracicae*).

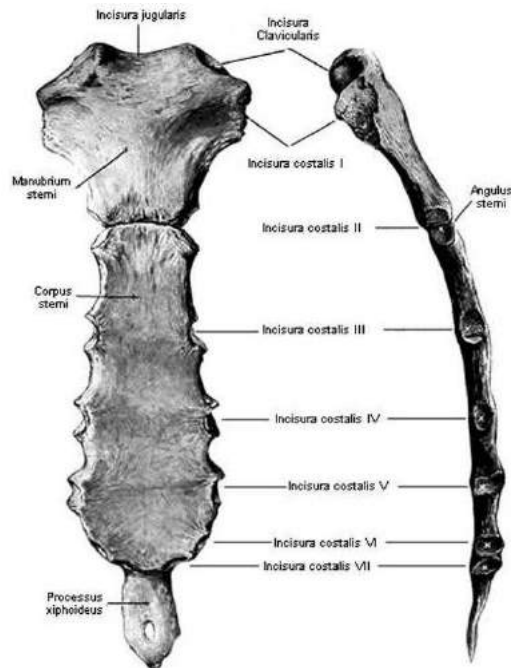
Грудна кост (*sternum*) је непарна, симетрична, пласната кост која чини средњи део предњег зида грудног коша. Обликом подсећа на римски мач и идући одозго наниже на њој се разликују следећи делови: **ручица грудне кости** (*manubrium sterni*), **тело грудне кости** (*corpus sterni*) и **мачни наставка** (*processus xiphoideus*).

На грудној кости разликују се **предња и задња страна, горња ивица или база, 2 бочне ивице и врх**.

Горња ивица грудне кости или база представља горњу ивицу ручице грудне кости.

Са обе стране поред југуларног уреза налази се зглобна површина за зглобљавање са **кључном кост** (*incisura clavicularis*).

На **бочним ивицама** грудне кости налази се по седам **ребарних уреза** (*incisurae costales*) који служе за зглобљавање са првих седам пари ребарних хрскавица. Врх грудне кости представља врх мачног наставка.



Слика 8. Грудна кост (*sternum*)

Ребра (*costae*) су пласнате, савитљиве и еластичне кости облика лука испупченог упоље. Ребра има 12 пари и она чине највећи део зида грудног коша. Зглобљавају се напред са ребарним хрскавицама а позади са грудним пршљеновима. На горњој и доњој ивици ребара припајају се међуребарни мишићи.

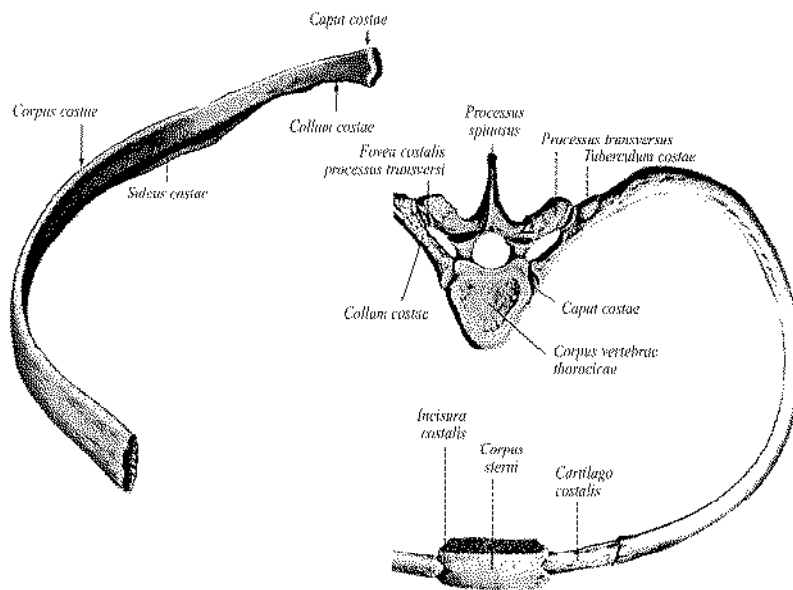
На сваком ребру разликују се: **тело ребра** (*corpus costae*) и **два крајка**: предњи и задњи.

Првих седам пари ребара се преко својих ребарних хрскавица директно спајају са грудном кости и називају се **права ребра** (*costae verae*). Наредна три пара ребара преко својих ребарних хрскавица спајају се са ребарном хрскавицом седмог ребра и називају се **лажна ребра**. Једанаести и дванаести пар ребара су **слободна ребра**, јер се њихови предњи крајеви завршавају слободно у мишићима трбушног зида.

Предњи крајак представља плитко и храпаво удубљење у које се увлачи ребарна хрскавица.

Задњи крајак се зглобљава са кичменим стубом и има: **главу ребра** (*caput costae*), **врат** (*collum costae*) и **квржицу ребра** (*tuberculum costae*).

Глава ребра се зглобљава са телом суседна два пршљена, док се ребарна квржица зглобљава са попречним наставком одговарајућег нижег пршљена.



Слика 9. Ребра (*costae*)

Ребарна хрскавица (*cartilago costalis*) продужава предњи крајак ребра и гради предњи зид грудног коша, доприносећи његовој еластичности. Ребарних хрскавица има дванаест пари колико и ребара.

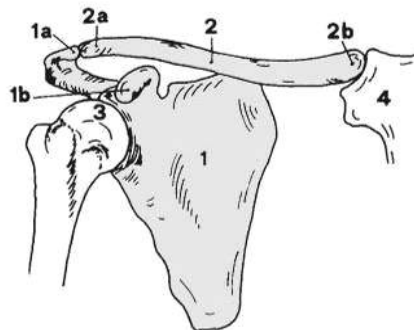
2. Кости удова (екстремитета)

Кости горњег уда (горњег екстремитета)

Кости горњег уда (горњег екстремитета) образују: Рамени појас и Кости руке

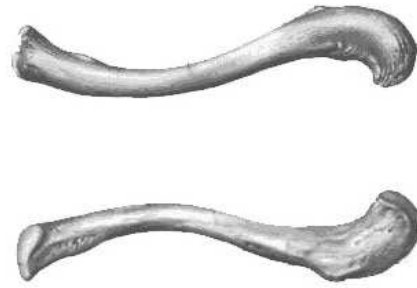
Кости раменог појаса чине две кости:

1. кључна кост - кључница (*clavicula*) и
2. лопатица (*scapula*)



Слика 10. Лопатица (1); Натплећак (1a); Кљунасти наставак (1b); Кључна кост (2); Крајеви кључне кости (2a и 2b); Рамена кост (3); Грудна кост (4).

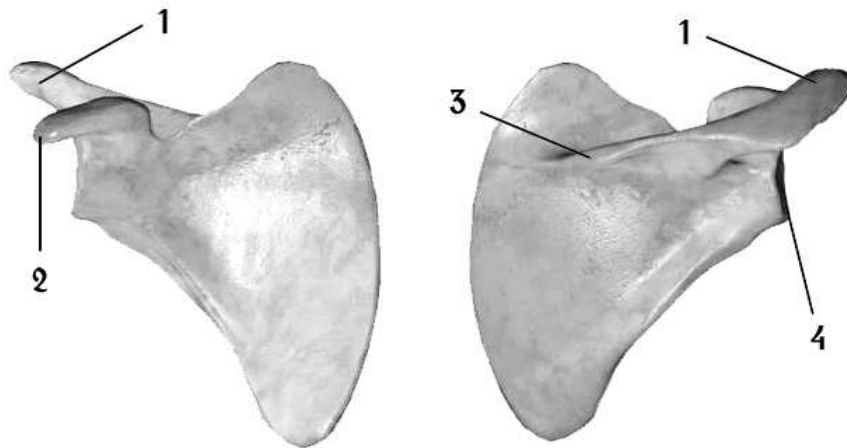
1. Кључна кост (*clavicula*) се налази изнад првог ребра, има облик положеног латиничног слова „S“ и пружа се од дршке грудне кости до **лопатичног натплећка (*acromion*)**.



Слика 11. Кључна кост (*clavicula*)

2. Лопатица (*scapula*) је плъсната кост троугластог облика која формира задњи део раменог појаса и приљубљена је уз леђне делове од другог до седмог (или осмог) ребра. Делови лопатице су:

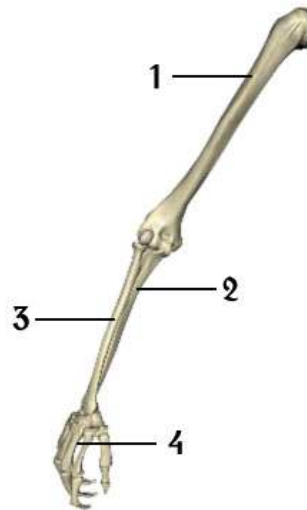
- **зглобна чашница (*cavitas glenoidalis*)** преко које се лопатица узглобљава са раменом кости,
- **кљунасти наставак (*processus coracoideus*)** место припоја лигамената и мишића,
- **коштани гребен (*spina scapulae*)** који се наставља у **натплећак (*acromion*)** и зглобљава са кључном кости.



Слика 12. Лопатица (*scapula*): 1.натплећак (*acromion*) 2.кљунасти наставак (*processus coracoideus*);3. коштани гребен (*spina scapulae*) 4. зглобна чашница (*cavitas glenoidalis*)

Кости руке чине:

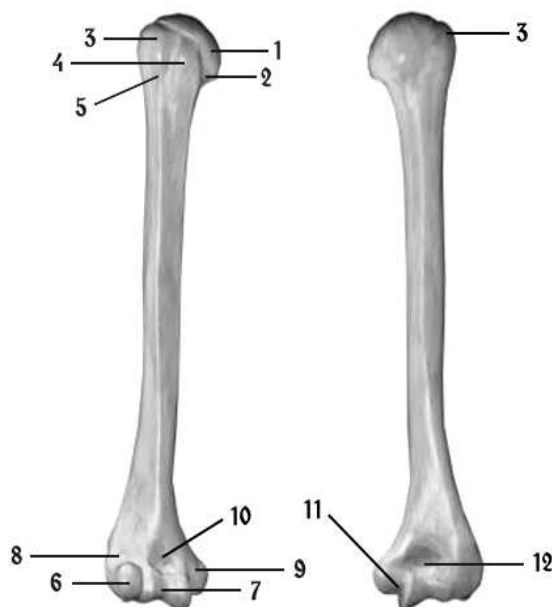
1. Рамена кост (*humerus*)
2. Лакатна кост (*ulna*)
3. Жбица (*radius*)
4. Кости шаке



Слика 13. Кости руке

1. Рамена кост - надлакатна кост или **рамењача** (*humerus*) је дуга цеваста кост која се састоји од тела и два краја.

Горњи (проксимални) крај рамене кости састоји се од **главе** (*caput humeri*) и **врата** (*collum anatomicum*). Испод врата налазе се две квржице, спољна - већа квржица (*tuberculum majus*) и мала квржица (*tuberculum minus*) на које се припајају неки од мишића.



1. Глава
2. Врат
3. Већа квржица
4. Мала квржица
5. Хирушки врат
6. Главица
7. Колотур
8. Спољна кврга
9. Унутрашња кврга
10. Кљунаста јама
11. Жлеб лакатног живца
12. Дубока јама

Слика 14. Рамена кост

Горњи крај рамене кости спаја се са телом кости преко **хирушког врата** (*collum chirurgicum*). Тело рамене кости је тространо-призматичног облика.

Доњи (дистални) крај надлактичне кости чине **средњи (зглобни)** и **два спољна (незглобна)** дела. Зглобни део (*condylus humeri*) чине **главица (capitulum humeri)** и **колотур (trochlea humeri)**. Главица се налази са спољне стране и узглобљава се са жбицом, док се колотур налази са унутрашње стране и зглобљава са лакатном кости.

Са спољне стране налазе се две кврге, **спољна (epicondylus lateralis)** и **унутрашња (epicondylus medialis)**. На задњој страни унутрашње кврге налази се жлеб лакатног живца (*sulcus nervi ulnaris*).

Изнад главице, на предњој страни налази се **жбична јама (fossa radialis)**. Изнад колотура, на предњој страни, налази се **кљунаста јама (fossa coronidea)** а на задњој страни налази се **дубока јама (fossa olecrani)**.

2. Лакатна кост (ulna) је унутрашња кост подлактице. На горњем, масивнијем крајку налазе се два наставка: горњи - лакатни (*olecranon*) и предњи кљунасти (*processus coronoideus*). Између ова два наставка налази се **полумесечастим усеком (incisura trochlearis)**.

Путем овог усека лакатна кост се узглобљава са колотуром рамене кости. Доњи крајак лакатне кости састоји се од **главе (caput ulnae)** и **шиљастиг наставка (processus styloideus ulnae)**.

3. Жбица (radius) је спољна кост подлактице. Састоји се из троугластог тела и два крајка (горњи и доњи). Горњи крајак састоји се од **главе (caput radii)**, **врата (collum radii)** и **испупчења (tuberositas radii)**.

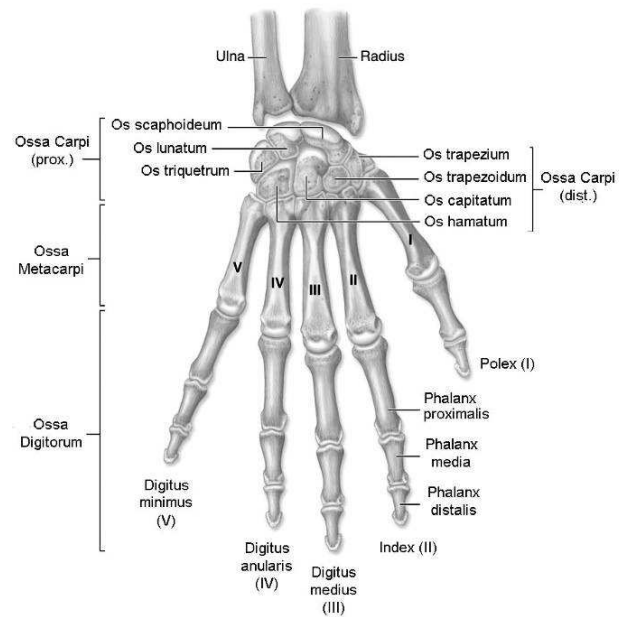
Жбица се узглобљава са раменом кости преко удубљења на горњој страни главе а са лакатном кости преко унутрашње стране **кружне зглобне површине главе (circumferentio articularis)**. Доњи крајак жбице је масивнији и на свом спољном делу завршава се **шиљастим наставком (processus styloideus)**.



Слика 15. Жбица (лево) и Лакатна кост

4. Кости шаке. Постоје три групе костију шаке. То су:

1. Кости ручја (*ossa carpi*),
2. Кости доручја (*ossa metacarpi*), и
3. Кости прстију (*ossa digitorum*).



Слика 16. Кости шаке

1. Кости ручја (*ossa carpi*) чини осам костију распоређених у два реда. Кости ручја имају своје заједничке одлике: оне припадају типу кратких костију, тако да се описују као приближно коцкастог облика, дакле са 6 страна.

У првом (проксималном) реду налазе се од спољашње ка унутрашњој страни: **чунаста** (*os scaphoideum*), **полумесечаста** (*os lunatum*), **тророга** (*os triquetrum*) и **грашкаста кост** (*os pisiforme*); Прве три кости узглобљавају се са костима подлактица (жицом и лакатном кости).

У другом (дисталном) реду налазе се: **трапезна** (*os trapezium*), **трапезоидна** (*os trapezoideum*), **главичаста** (*os capitatum*) и **кукаста кост** (*os hamatum*).

2. Кости доручја (*ossa metacarpalia*) су грађене по типу дугих костију, има их пет и релативно су сличне. Мета-карпалне кости и њима одговарајући прсти обележавају се редним бројевима, почевши од спољашње ивице длана. Тако је палац први прст и њему одговарајућа метакарпална кост је означена као прва, а мали прст и њему одговарајућа метакарпална кост је означена бројем пет.

3. Кости прстију (*ossa digitorum*). Костур прстију једне шаке сачињава четрнаест костију. Скелет сваког прста, изузев палца, састоји се из три мале кости које се називају чланци (*phalangae*). Палац има само две фаланге.

Прстију има пет и у анатомији се означавају бројевима и именима: **палац** (*pollex*), **кажипрст** (*index*), **средњи прст** (*digitus medius*), **домали** (*digitus anularis*), и **мали прст** (*digitus minimus*). Фаланге припадају типу дугих костију.

Кости доњег уда (доњег екстремитета)

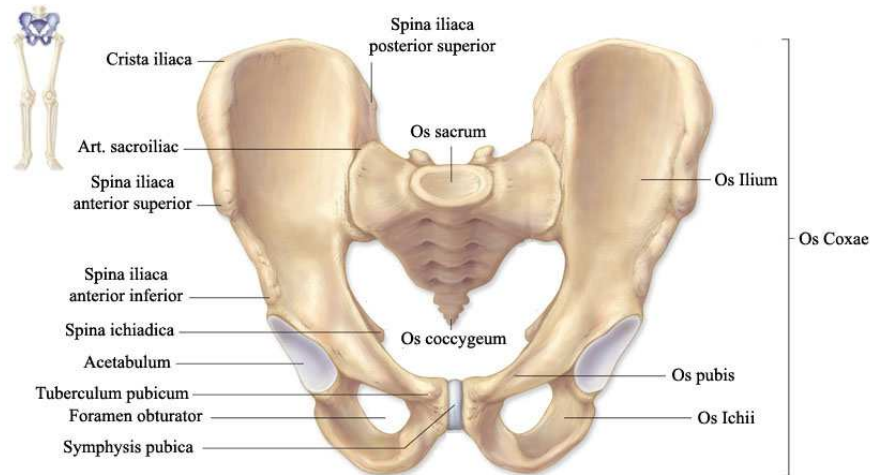
Нога као доњи екстремитет представља главни човеков орган за усправан ослонац и ходање, чему је анатомски и функционално прилагођена.

Кости доњег уда образују: Карлични појас и Кости ноге

У карлични појас спада само једна кост:

- **карлична кост** (*os coxae*) - **бедро или кук** (*coxa*), са својим деловима: **седални предео** (*regio glutea*), **потпрепонски предео** (*regio subinguinalis*), **запорни предео** (*regio obturatoria*).

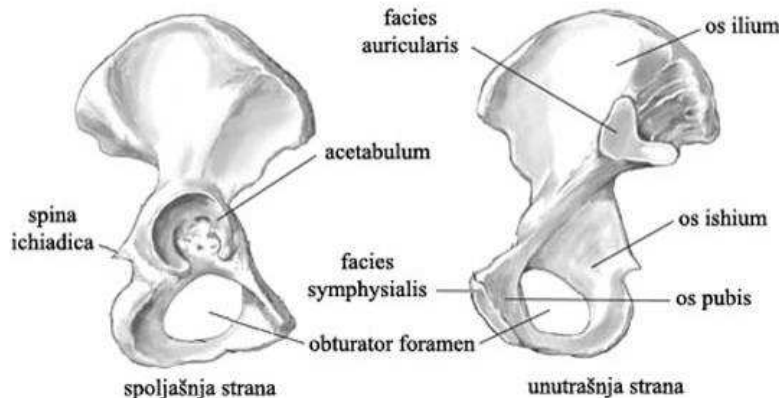
Карлични појас (*cingulum membri inferioris*) или **карлица** (*pelvis*) има облик прстена и састоји се из две карличне кости (*os coxae*), међусобно спојене својим предњим деловима, а позади се између њих налази крсна кост (*os sacrum*), на коју се наставља тртична кост (*os coccygeum*). Карлица преноси тежину тела са кичменог стуба на ноге. У карличној шупљини налазе се важни унутрашњи органи.



Слика 17. Кости карличног појаса

Карлична кост (*os coxae*) кост је велика парна кост која гради предњи и бочни зид карлице. Спада у плоснате кости. Карлична кост настаје срастањем три засебне кости: **бедрене** (*os ilium*), **седадне** (*os ischii*) и **препонске** (*os pubis*). Свака од њих има тело и један или више наставака. Њихова тела спајају се у пределу зглобне чашице карличне кости (*acetabulum*) и потпуно срастање наступа тек око шеснаесте године.

Доминантан елемент на спољашњој страни је **зглобна чашица** (*acetabulum*) која је округласто удубљење са којим се зглобљава **глава бутне кости** (*caput femoris*), чинећи **зглоб кука** (*art. coxae*). На унутрашњој страни налазе се зглобне површине **сакро-иличног зглоба** (*facies auricularis*) и **препонских кости** (*facies symphysialis*).



Слика 18. Карлична кост

Кости ноге састоји се из више костију:

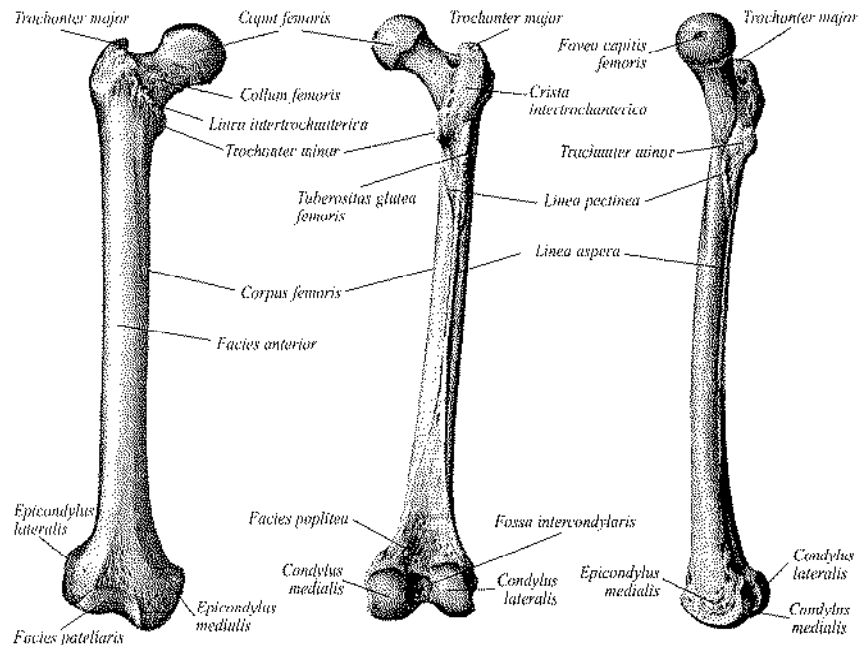
- **бутна кост или натколеница (femur)**, који има предњи и задњи предео (*regio femoris anterior et posterior*).
- **колено (genus)** се дели на предњи предео колена (*regio genus anterior*) и затколону јаму (*fossa poplitea*).
- **потколеница (crus)**, која се такође дели на предњи и задњи предео (*regio cruris anterior et posterior*).
- **стопало (pes)**, са својим саставним регионима: **ножје (tarsus)**, **доножје (metatarsus)** и **прсти стопала (digiti pedis)**.



Слика 19. Кости доњих удова-екстремитета

Бутна кост (femur) је парна дуга цеваста кост, највећа и најјача кост човечијег тела. Разликујемо **тело** и **два крајка**. Тело је тространо-призматично, те има следеће **три стране** (предњу, спољашњу и унутрашњу) и **три ивице** (спољашњу, унутрашњу и задњу). На предњој и спољашњој страни припајају се мишићи бута, док на унутрашњој страни нема припоја.

Горњи крајак фемура (*extremitas proximalis femoris*) има следеће делове: **глава фемура** и **врат фемура**.



Слика 20. Бутна кост (femur)

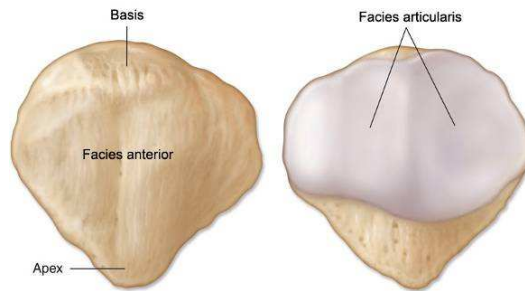
Глава фемура (*caput femoris*) приближно лоптастог облика (око 2/3 површине лопте). На њој се налази **јамица** (*fovea capitis femoris*) где се припаја обла веза зглоба кука (*lig. capitis femoris*) која полази од *fossa acetabuli*.

Врат фемура (*collum femoris*) стоји под углом од око 125 степени у односу на осовину тела фемура, управљен је пут наниже, уопље и уназад. Спљоштен је од спреда ка позади.

На споју врата и тела фемура запажају се спољашње испупчење звано **велики трохантер** (*trochanter major*) и унутрашње испупчење звано **мали трохантер** (*trochanter minor*).

Колено (*genus*) се дели на предњи предео колена (*regio genus anterior*) и затколону јаму (*fossa poplitea*).

Чашица (*patella*) је највећа сезамоидна кост у човечијем телу, иако се анатомски налази у висини кондила фемура, дакле у доњем делу натколенице. То је плjosната кост троугластог облика. Описују јој се три ивице и две стране. Ивице су: горња, спољашња и унутрашња.



Слика 21. Чашица (*patella*)

Горња ивица се зове још и база, док је врх пателе усмерен наниже. Предња страна (*facies anterior*) је поткожна.

Задња, зглобна страна (*facies articularis patellae*) прекривена је хрскавицом, која се зглобљава са одговарајућом површином на дисталном крајку фемура.

Потколеница (*crus*) се такође дели на предњи и задњи предео (*regio cruris anterior et posterior*). Кости потколенице чине **голењача** (*tibia*) и **лишњача** (*fibula*).

Ове две кости се простиру паралелно, попут костију подлактица. На оба своја краја оне су међусобно зглобљене, а дуж својих тела спојене су **међукоштаном опном потколенице** (*membrana interossea cruris*).

Голењача (*tibia*) је масивна, главна кост потколенице, припада типу дугих костију, има тело и два крајка. Горњи крајак је, аналогно фемуру, изграђен од два срасла кондила.

Тело је тространо-призматичног облика, има унутрашњу, спољашњу и задњу страну односно предњу, спољашњу и унутрашњу ивицу. Тибија је уздужно уврнута тако да идући одозго наниже спољашња страна постаје предња.

На **унутрашњој страни** у горњем делу је храпаво поље које представља место припоја више мишића и лигамената. На горњем делу **спољашње стране** постоји жлеб за припој *m. tibialis anterior*-а.

Задња страна тибије има у горњем делу лучни гребен зван **коса линија** (*linea musculi solei*) на којој се припаја велики лисни мишић (*m. soleus*).

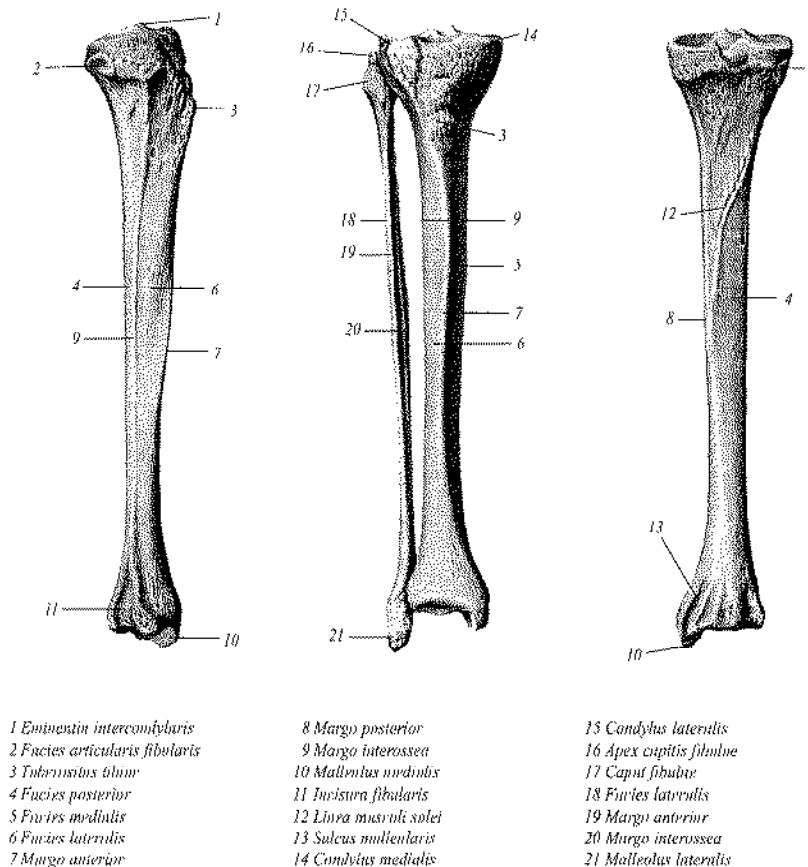
Спољашња страна садржи дубок усправни **усек за лишњачу** (*incisura fibularis*) који служи за зглобљавање са доњим крајком фибуле градећи доњи зглоб између тибије и фибуле (*syndesmosis tibiofibularis*).

Унутрашња страна доњег крајка тибије се наниже продужава у **унутрашњи глежањ** који је троугластог облика и врхом усмерен наниже.

Лишњача (*fibula*) је спољашња кост потколенице. То је дута цеваста кост, постављена паралелно тибији и нешто ниже од ње. **Тело** фибуле има три стране (спољашњу, унутрашњу и задњу) и три ивице (предњу, спољашњу и унутрашњу).

Горњи крајак се зове **глава фибуле (*caput fibulae*)**, а горњи део тела фибуле назива се **врат фибуле (*collum fibulae*)**. На унутрашњем делу главе фибуле налази се **зглобна површина (*facies articularis capitis fibulae*)**. Са спољашњег дела главе издиже се шиљаста наставак **главе фибуле (*apex capitis fibulae*)**, место припоја више мишића и лигамената.

Доњи крајак је спљоштен и гради троугласто испупчење са врхом усмереним наниже и зове се **спољашњи глежањ (*malleolus lateralis*)**. Има 2 стране (спољашња и унутрашња), 2 ивице (предња и задња) и врх.



Слика 22. Голењача (*tibia*) и Лишњача (*fibula*)

Спољашња страна латералног малеолуса је поткожна, а унутрашња је зглобна и носи на себи две зглобне површине: горњу за зглобљавање са одговарајућим делом тибије, и доњу односно зглобну површину спољашњег глежња (*facies articularis malleolaris*) за зглобљавање са скочном кости.

Кости стопала са својим саставним регионима: **ножје (*tarsus*)**, **доножје (*metatarsus*)** и **прсти стопала (*digiti pedis*)**.

Стопало (*pes*), је састављено из 26 костију, поређаних у три групе, аналогно групама костију шаке.

Ножје (*tarsus*) садржи седам костију поређаних у два реда. У проксималном реду су **скочна кост** (*talus*) и испод ње **петна кост** (*calcaneus*). У дисталном реду су: **чунаста кост** (*os naviculare*) са унутрашње стране стопала, а испред ње **три клинасте кости**, унутрашња, средња и спољашња (*os cuneiforme mediate, intermedium, laterale*); са спољашње стране стопала је **коцкаста кост** (*os cuboideum*). Све кости тарзуса припадају типу кратких костију.

Доножје (*metatarsus*) је састављено из пет костију типа дугих цевастих костију. Оне својим обликом и распоредом веома подсећају на аналогне кости доручја.

Прсти стопала (*digiti pedis*) се састоје из чланака односно фаланги (*phalanx*), и то на исти начин и у истом броју као и код прстију шаке.



Слика 23. Кости стопала

Први прст стопала има две фаланге (проксималну и дисталну), док остала четири прста имају по три (проксималну, медијалну и дисталну). Све оне су грађене по типу дугих цевастих костију, и веома су сличне фалангама прстију шаке, осим што су сразмерно краће од њих.

3. Кости главе

По својој грађи и функцији глава и врат представљају најсложенији део човечијег тела. У глави и врату смештени су почетни делови прибора за варење и прибора за дисање. Од пет чулних органа, четири су смештена у глави (органи вида, слуха и равнотеже, укуса и мириса), док пети орган, представљен кожом, покрива читаву површину тела.

Од централног нервног система у глави и врату налази се мозак и вратни део кичмене мождине, а од периферног нервног система 12 пари можданих живаца, 8 пари вратних живаца и делови вегетативног нервног система. Кроз врат и главу пролазе и веома важни велики крвни судови.

Значај поменутих структура, са становишта спортске активности је велики, а повреде ових делова тела могу угрозити живот или изазвати трајну неспособност.

Глава (*caput*) лежи на врату (*collum - cervix*). **Врат** (*collum*) спаја главу са грудним кошом. Доњу границу врата у односу на грудни кош чине: горња ивица грудне кости и обе кључне кости, а позади линија која спаја врх ртног наставка седмог вратног пршљена са спољашњим крајцима кључних костију.

Кости главе су пљоснате и неправилног облика. Оне се међусобно спајају и образују две коштане чауре: **лобању** (*cranium cerebrale s. neurocranium*) и **костур лица** (*cranium viscerale s. splanchnocranium*).

Стога се глава се у топографском смислу дели на два дела: предњи део или **лице** (*facies*) и задњи део или **лобања** (*cranium*).

Кости лобање (*ossa cranii*)

Кости лобање (*ossa cranii*) граде пљоснате кости (*ossa plana*) и то две парне и четири непарне кости. Она представља коштану чауру чији је задатак да у својој шупљини заштити мозак.

Горњи део костију лобање представља њен **кров** (*calvaria*), док остатак чини **базу лобање** (*basis cranii*). На предњем делу базе, са костима лобање спајају се **кости лица** (*ossa faciei*).

Кров и базу лобање формирају следеће кости:

Непарне кости:

- а. **чеона** кост (*os frontale*),
- б. **потилјачна** кост (*os occipitale*),
- в. **клинаста** кост (*os sphenoidale*),
- г. **ситаста** кост (*os ethmoidale*),

Парне кости:

- а. **темена** (*os parietale*) и
- б. **слепоочна** кост (*os temporale*).

Кости лица (*ossa faciei*)

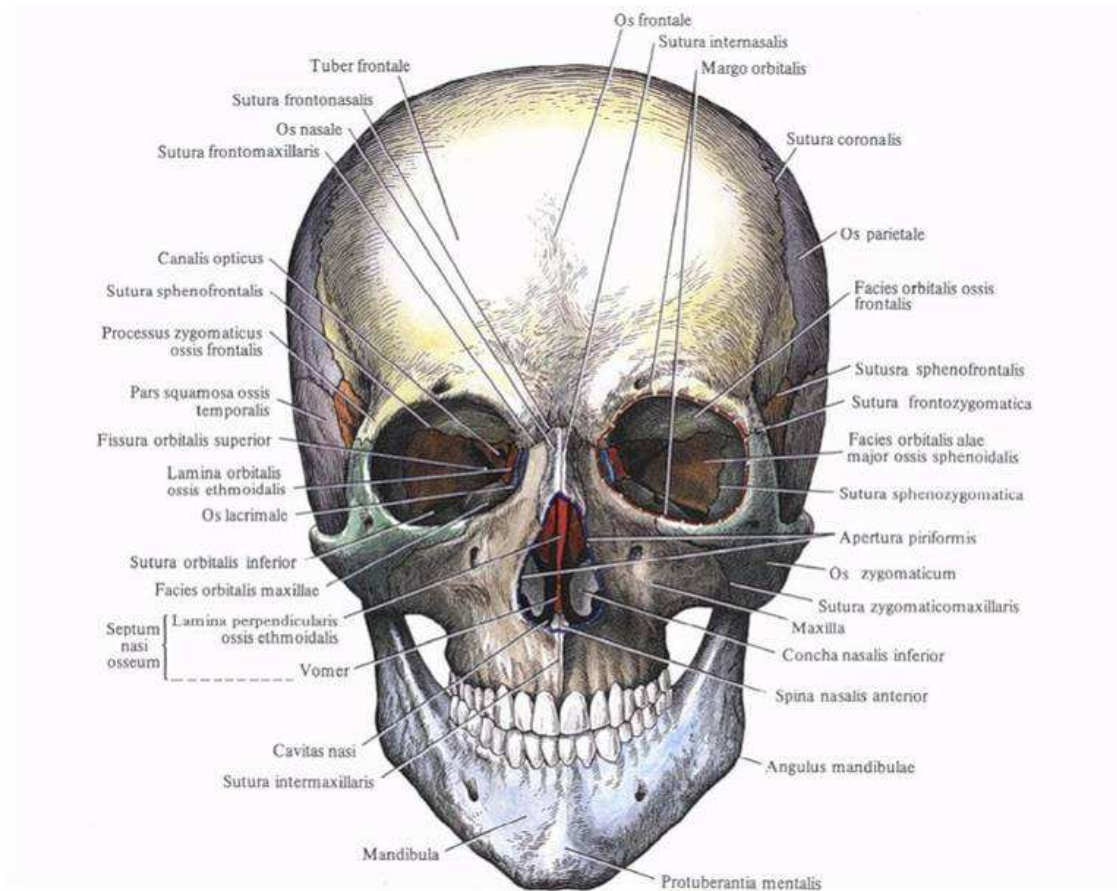
Кости лица (*ossa faciei*) чини петнаест костију (6 парних и 3 непарне). Једина покретна кост лица је доња вилица која је са базом лобање спојена преко виличног зглоба.

Парне кости:

- а. Горња вилица (*maxilla*),
- б. Непчана кост (*os palatinum*)
- в. Носна кост (*os nasale*),
- г. Сузна кост (*os lacrimale*)
- д. Јабучна кост (*os zygomaticum*).

Непарне кости:

- а. Раласта кост (*vomer*)
- б. Доња вилица (*mandibula*) и
- г. Подјезична кост (*os hyoideum*).



Слика 24. Кости главе и лица

3. ЗГЛОБОВИ (СИНДЕСМОЛОГИЈА)

ЗГЛОБОВИ

Спој две кости назива се **зглоб** (*junctura*). Према покретљивости зглобови се деле на:

1. **непокретне** (*synarthrosis*), и
2. **покретне** (*diarthrosis*).

У групу **непокретних зглобова** спадају **шавови** (*suturae*), **гомфозе** (*gomphosis*) и **синдесмозе** (*syndesmosis*), и код њих су ивице кости спојене фиброзним ткивом.

Посебан тип зглобова су **симфизе** (*symphysis*) и **синхондрозе** (*synchondrosis*), где су кости спојене једним слојем хрскавичавог ткива и показују изванредан степен покретљивости, због чега их неки аутори сврставају у полупокретне зглобове.

Код **покретних зглобова** све зглобне површине су прекривене зглобном хрскавицом. Такви зглобови се зову **прави зглобови** или **артикулације** (*articulatio*). У даљем тексту говорићемо о покретним зглобовима – артикулацијама, а уколико се део текста односи и на остале врсте зглобова, то ће посебно бити наглашено.

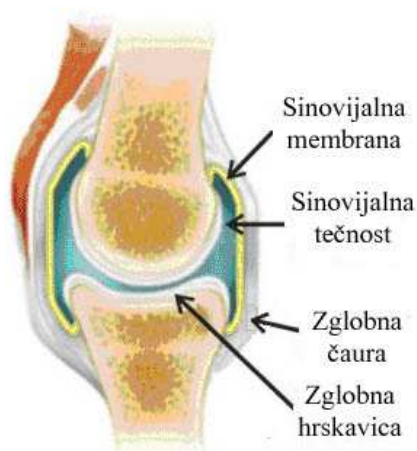
Покретни зглобови имају заједничке особине:

- **Зглобна чаура** (*capsula articularis*), која ограничава **зглобну шупљину** (*cavum articulare*) испуњену **слузавом-синовијалном течношћу** (*synovia*), коју продукује унутрашња опна капсуле.
- Свака **зглобна површина** (*fades articularis*) је прекривена слојем зглобне хрскавице.
- **Зглобне везе** (*ligamenta*) су траке фиброзног ткива које спајају крајке костију премешћујући зглоб, у неким случајевима и више зглобова. Својим механичким својствима лигаменти појачавају капсулу и ограничавају покрет у одређеном правцу. Код неких зглобова (зглоб колена, зглоб кука) постоје лигаменти и унутар зглоба.

Код појединих зглобова између зглобних површина могу да постоје различите врсте везивно-хрскавичавих плоча:

- **Зглобни колут** (*discus articularis*) је дискоидна плоча која потпуно преграђује зглоб, а по свом ободу је срасла за капсулу. Пример: међупршљенски зглобови.
- **Менискус** (*meniscus*) је плоча полумесечастог облика и троугласта на пресеку, која непотпуно преграђује зглоб. Својом дебљом, испупченом ивицом је срасла за капсулу, док танка удубљена ивица допире до центра зглоба. Пример: зглоб колена.
- **Чашична усна** (*labrum articulare*) је у облику прстенастог бедема, на пресеку троугласта, која се издиже са ивице зглобне јаме, повећавајући јој дубину а тиме и стабилност. Својом танком слободном ивицом срасла је за капсулу. Пример: зглоб кука.

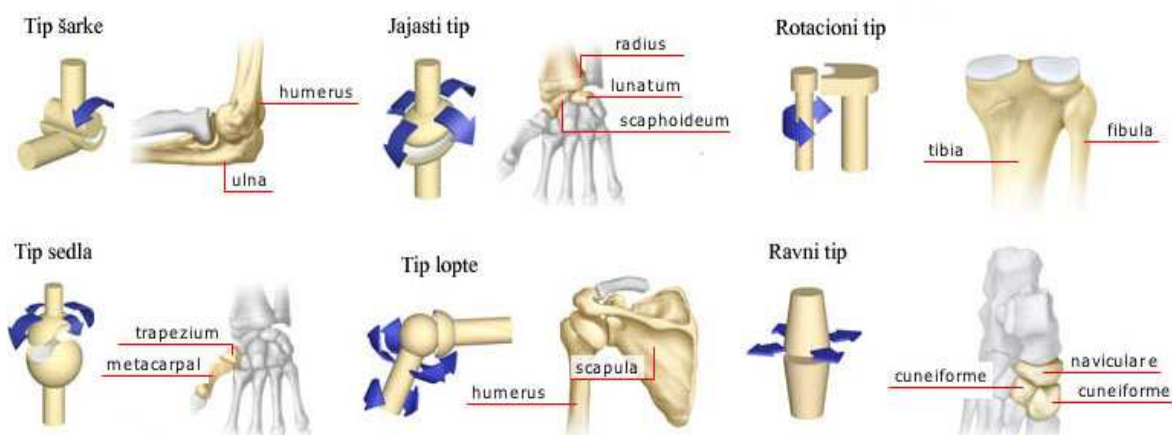
Зглобне **површине**, зглобна **шупљина** и **капсула** се убрајају у главне делове зглоба, док су зглобне везе и фиброзно-хрскавичаве плоче споредни делови.



Слика 25 . Унутрашњи изглед зглоба

Према облику зглобних површина артикулације се деле на:

1. **Тип шарке**, или **ваљкасти тип**: зглобне површине су приближно попут цилиндра или конуса, тако да је једна зглобна површина испупчена а друга издубљена. Покрети се изводе око једне осе. Пример: зглобови међу фалангама, зглоб лакта.
2. **Тип седла**: зглобне површине су седласте. Покрети се изводе око две осе. Пример: зглоб између трапезне кости и прве метакарпалне кости.
3. **Јајаста тип**: једна зглобна површина је јајастог облика и испупчена, а друга је издубљена на томе одговарајући начин. Покрети се изводе такође око две осе. Пример: радиокарпални зглоб.
4. **Тип лопте**: једна зглобна површина је приближно кугласта, док је друга у виду одговарајуће јаме. Покрети се изводе око већег броја оса. Пример: рамени зглоб.
5. **Равни тип**: обе зглобне површине су равне, тако да се изводе покрети клизања у равни додира зглобних површина. Пример: зглоб стопала.
6. **Сложени тип**: поједини зглобови се састоје од више од две зглобне површине, које се налазе на више костију. Појединачни зглобови у њиховом саставу могу бити међусобно различитих типова, што мења број оса и равни у којима је могуће извести покрете у комплетном зглобу. Пример: зглоб лакта.



Слика 26. Врсте зглобова

АКТИВНИ ПОКРЕТИ У ЗГЛОБУ

У сваком зглобу се може забележити:

- **пасивна покретљивост** у готово свим правцима,
- **активна покретљивост.**

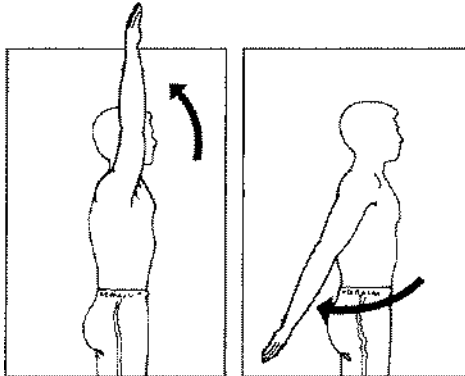
Активни покрети значајног обима присутни само у одређеним правцима, док су покрети у свим осталим правцима минимални и пасивни, и пре би се могли окарактерисати као **еластичност зглоба**.

При испитивању који су све мишићи активни код одређеног покрета у једном зглобу, треба приметити да активно дејство при одређеном покрету имају сви мишићи који премошћују дати зглоб.

Почетни положај је анатомски стојећи став.

1. У **сагиталној равни** дефинисани су покрети:

- **прегибања** (*flexio*) дистални део се креће пут напред и
- **опружања** (*extensio*) дистални део се креће пут назад. Изузетак од овог правила је код зглоба колена где је покрет прегибања колена такав да се потколеница креће пут назад.



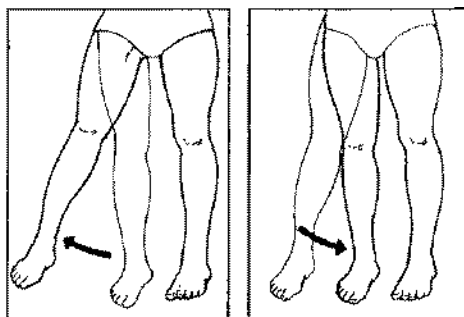
Слика 27. Флексија и екстензија у зглобу рамена

2. У **фронталној равни** дефинисани су:

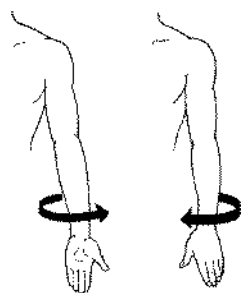
- **одвођење** (*abductio*), где се дистални део одводи од уздужне осе трупа или екстремитета, и
- **привођење** (*adductio*), када се дистални део приводи ка уздужној оси трупа или екстремитета.

3. У **хоризонталној равни** се изводе, према томе на коју се страну дистални део окреће:

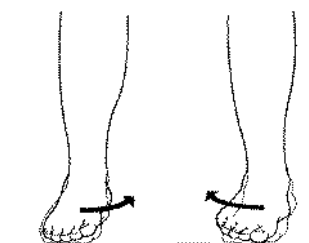
- **покрети спољашње ротације** (*rotatio externa*) и **унутрашње ротације** (*rotatio interna*). Покрет спољашње ротације подлактица назива се **супинација** (*supinatio*), а покрет унутрашње ротације подлактица је **пронација** (*pronatio*).
- За стопало постоје и називи за покрете здружене адукције и унутрашње ротације а то је **инверзија** (*inversio*), односно абдукције и спољашње ротације а то је **еверзија** (*eversio*). У свим лоптастим артикулацијама могућ је и покрет **широког кружења** (*circumductio*).
- Постоје још и покрети **подизања** (*elevatio*), **спуштања** (*depressio*) и други.



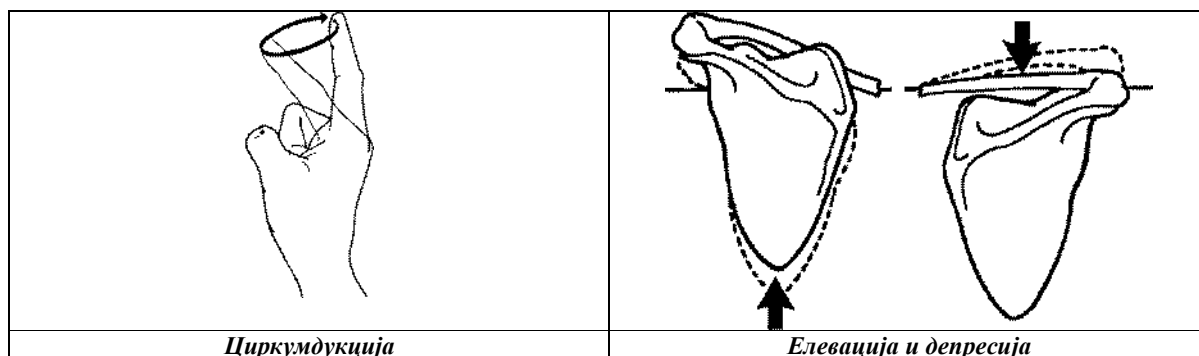
Абдуција и адукција у зглобу кука



Супинација и пронација



Инверзија и еверзија



Циркумдуција

Елевација и депресија

Слика 28. *Врсте покрета у зглобовима*

Постоје два мишљења о томе како треба мерити **обим покрета** у зглобу.

1. Према једној групи аутора, довољно је мерити максимални обим покрета у задатој равни.
2. Други аутори уводе референтни систем са нултим позицијама зглобова (за нулти положај свих зглобова узима се положај при анатомском стојећем ставу) и потом мере обим покрета као промену угла у односу на ту нулту позицију. Водећи рачуна о правцу покрета, они угао обележавају предзнаком (+) или (-), где је за покрет у правцу флексије, адукције и унутрашње ротације позитивног предзнака.

Пример ако меримо обим покрета у зглобу кука у сагиталној равни.

Према првима, он износи око 140 степени, од крајње флексије до крајње екстензије.

Према другима, флексија је до 120 степени, а екстензија је до -20 степени, што укупно даје исту амплитуду покрета.

Биолошке одлике зглобова

Главна биолошка одлика зглобова је да њихови покрети не зависе само од облика зглобних површина, већ и од околних мишића, који руководе покретом. Ако се узглобу изводе покрети већих амплитуда зглоб се постепено адаптира новој функцији па се зглобна чаура истегне и олабави, а зглобне површине прошире (пример артиста).

Код смањења или престанка кретања у зглобу (парализа мишића или ношење гипса) зглобна чаура се затеже, а из синовијалне опне бујају везивне ћелије, које постепено испуњавају зглобну шупљину. Ако овај процес траје дуго, наступа **потпуна укрућеност** или **анкилоза** зглоба.

ВРСТЕ ЗГЛОБОВА

У организму човека постоје следећи зглобови:

1. Зглобови трупа
2. Зглобови главе
3. Зглобови горњег уда
4. Зглобови доњег уда

1. Зглобови трупа

У зглобове трупа спадају:

- а) Спојевн кичменог стуба
- б) Спојевн кичменог стуба са главом
- в) Спојевн грудног коша

а) Спојевн кичменог стуба.

Између два суседна кичмена пршљена постоје:

- Зглобови између зглобних наставака
- Фибрознохрскавични спој између тела пршљенова
- Везивни спој између лукова
- Фиброзне везе између мишићних наставака
- Међупршљенски зглоб

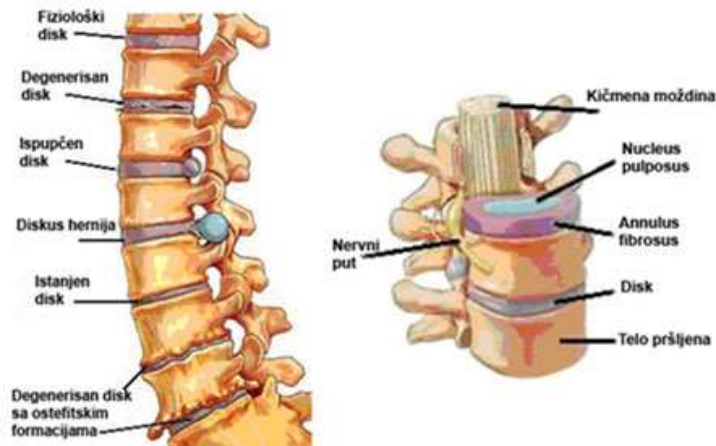
Међупршљенски зглоб (*articulatio. intervertebralis*) је покретни спој између зглобних наставака два суседна пршљена, који оријентацијом и обликом својих зглобних површина регулише правац покрета кичменог стуба.

Зглобне површине вратних пршљенова су равне и силазе косо назад, заклапајући са хоризонталом угао од 45°. Због тога је вратни део кичменог стуба покретљив у свим правцима.

Зглобне површине грудних пршљенова постављене су скоро фронтално и представљају део цилиндра, чија осовина силази предњом страном пршљенског тела. Око ове осовине изводе се покрети увртања грудног дела кичменог стуба.

Зглобне површине слабинских пршљенова, постављене у сагиталној равни, представљају део цилиндра чија осовина силази врховима ртних наставака. Због тога се у слабинском делу врше углавном покрети флексије и екстензије и врло мали покрети торзије.

Спој тела два суседна пршљена представљају фибрознохрскавични **међупршљенски колут** (*discus intervertebralis*) и **две уздужне везе**, предња и задња, које се пружају дуж целог кичменог стуба.



Слика 29. Зглобови кичменог стуба и међупршљенски зглобови

Међупршљенски колут (*discus intervertebralis*) је најдебљи у слабинском делу кичменог стуба, 15-20 мм., а идући навише његова дебљина постепено опада. Он се састоји из меког, **галертног једра** (*nucleus pulposus*), које је окружено снажним **фиброзним прстеном** (*anulus fibrosus*).

Фиброзни прстен је срастао с танким слојем хијалине хрскавице, која покрива горњу и доњу страну пршљенског тела. Његова фиброзна влакна, која се пружају косо, спирално и укрштају међусобно по слојевима, спречавају својим затезањем прекомерне покрете кичменог стуба.

Галертно једро налази се нормално у сталном напону и врши притисак на своју околину. Због тога је кичмени стуб веома еластичан, иако је чврст и отпоран као носач тежине тела и притиска, који делује на његову уздужну осовину. Меко једро се понаша као еластична кугла, на коју се пршљен ослања и креће у свим правцима. Оно се код покрета кичменог стуба помера увек у правцу истегнутог дела фиброзног прстена.

Приликом наглих покрета кичменог стуба меко једро може понекад да пробије фиброзни прстен или да се зарије у пршљен и да створи **дискус-хернију**. Ово се најчешће дешава у слабинском делу кичменог стуба. Дискус-хернија према кичменом каналу изазива јаке болове и парезе јер врши притисак на кичмену мождину и кичмене живце.

Спој лукова. Лукове два суседна пршљена спајају **жуте везе** (*ligg. flava*). Оне се састоје из еластичног везивног ткива, које им даје жућкасту боју. Жуте везе су снажне и истегнуте јер су спорије расле него кичмени стуб. Оне делују као екстензор кичменог стуба, који с међупршљенских колутова пребацују тежину тела назад, на зглобне наставке пршљенова.

Фиброзне везе. Између мишићних наставка два суседна пршљена затегнуте су две фиброзне везе, **међупопречна** (*lig. Intertransversarium*) и **међуртна** (*lig. interspinal*). Међупопречна веза представља заостатак мишићних снопова.

Снопцићи колагених. влакана међуртне везе граде замке, управљене теменом напред и због тога је могуће одмицање ртних наставка код флексије кичменог стуба.

Статика кичменог стуба

Укупна дужина кичменог стуба износи око 75 цм, од тога једна четвртина отпада на међупршљенске колутове. Кости кичменог стуба, међупршљенски колутови и фиброзне везе сачињавају скупа снажан и отпоран носач тежине тела и врло еластичну осовину трупа. Код одраслог, због усправног става тела, кичмени стуб својим правцем подсећа на издужено слово **S**. У вратном и слабинском делу он је испупчен напред (*лордозе*), а у грудном и крсном делу назад (*кифозе*).

Захваљујући овим кривинама, тежина тела се разбија на делове и преноси на већу површину. Због кривина и притиска, међупршљенски колутови и тела пршљена добијају клинаст облик. У вратном и слабинском делу кичменог стуба напред су тела пршљенова тања, а међупршљенски колутови дебљи. Обрнут је случај у грудном делу кичменог стуба.

Пречници кривина кичменог стуба стоје у погледу своје величине у директној међусобној зависности. Да се не би реметила равнотежа тела, повећање слабинске лордозе повлачи за собом повећање грудне кифозе, леђа постају **седласта** и обрнуто, њено смањивање доводи до **равних леђа**.

Повећавајући и смањујући пречнике својих кривина, кичмени стуб се еластично супротставља притиску, који делује на његову уздужну осовину. У току дана притисак повећава пречнике кривина кичменог стуба и истањује међупршљенске колутове, смањујући њихов садржај воде. Због тога је телесна висина за 2-3 см мања увече него ујутру, после спавања.

б) Спојеви кичменог стуба са главом.

Глава је спојена са 1. и 2. вратним пршљеном и доњим зглобом и фиброзним везама.

- **Горњи или потиљачни зглоб главе** (*art. Atlantooccipitalis*) је парни спој између горњих површина атласа и кондила потиљачне кости.
- **Доњи зглоб главе** (*art. Atlantoaxilaris*), између 1. и 2. вратног пршљена.

в) Спојеви грудног коша.

У спојеве грудног коша спадају:

- Зглобови ребара са кичменим стубом.
- Зглобови ребара са грудном кости.
- Зглобови између ребарних хрскавица.

2. Зглобови главе

Кости главе спајају се међусобно хрскавичним непокретним зглобовима и везивним непокретним зглобовима, шавовима. Између доње вилице и слепоочних костију постоје 2 покретна споја: леви и десни **вилични зглоб**.

3. Зглобови горњег уда

Зглобови горњег уда деле се на:

А. Спојеве раменог појаса у које спадају:

1. Грудно кључни зглоб (*art.sternoclavicularis*)
2. Грудно - натплећни (*art. acromioclavicularis*)

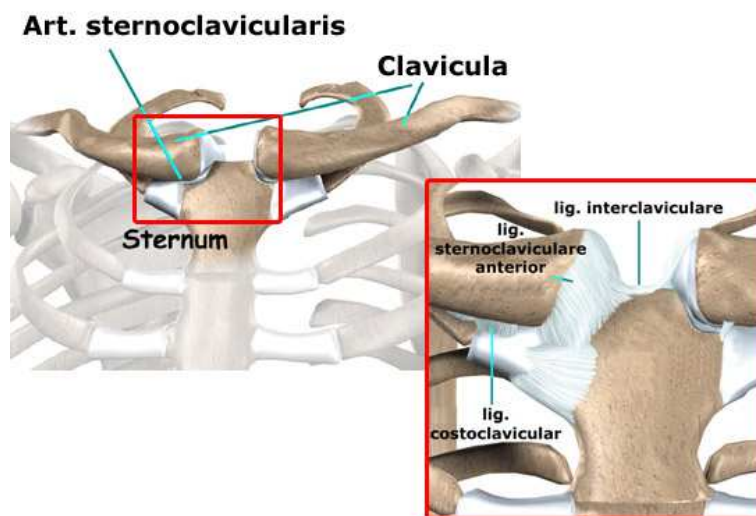
Б. Спојеве руке (слободног дела горњег уда) у које спадају:

1. Зглоб рамена (*art. humeri*)
2. Зглоб лакта (*art. cubiti*) и спојеве подлакти
3. Доњи жбично-лактични зглоб (*art. radioulnaris distalis*)
4. Зглобови шаке (*artt.manus*) и спојеве ручја са доручјем

А. Спојеви раменог појаса:

1. Грудно кључни зглоб (*art.sternoclavicularis*) спаја унутрашњи крајак клавикуле (*extremitas sternalis claviculae*) са дршком грудне кости (*manubrium sterni*), и хрскавицом првог ребра. Тип зглоба: јајаст.

Покрети: подизање и спуштање око хоризонталне осе, амплитуде око 20 степени. Минимални покрети око вертикалне осе.

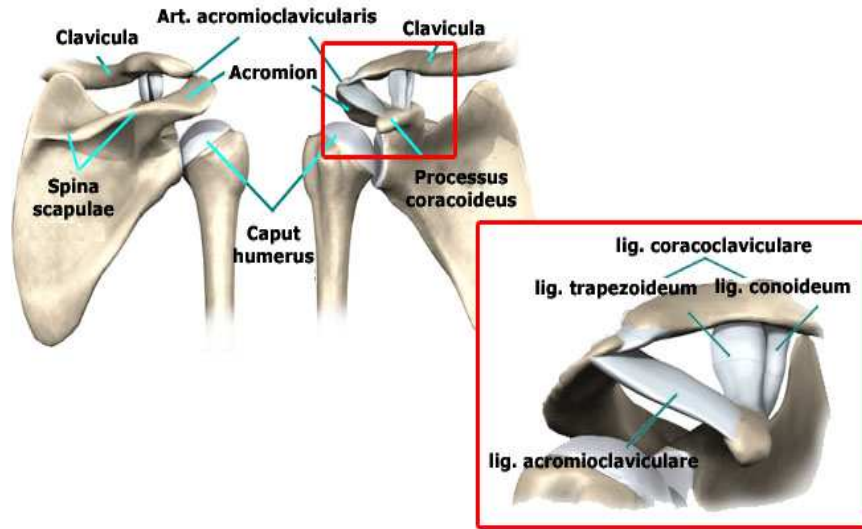


Слика 30. Груднокључни зглоб (*art. sternoclavicularis*)

Зглобне површине: стернална зглобна површина (*fades articularis sternalis*) на клавикули и кључни урез (*incisura clavicularis*) на стернуму. Између зглобних површина налази се *discus articularis*.

Везе: зглобне површине спојене су зглобном чауром. Њен спољашњи, фиброзни лист појачан је лигаментима. Постоје четири значајна лигамента: предњи и задњи стерноклавикуларни лигамент (*ligg. sternoclaviculare anterius et posterius*), са горње стране је интерклавикуларни лигамент (*lig. interclaviculare*), а са доње је костоклавикуларни лигамент (*lig. costoclavicular*) према првом ребру.

2. Кључнонатплећни зглоб (*art. acromioclavicularis*) спаја спољашњи крајак клавикуле (*extremitas acromialis claviculae*) са акромионом (*acromion*). Тип зглоба: равни тип. **Покрети:** клизање навише и наниже, амплитуда око 25 степени.



Слика 31. Кључнонатплећни зглоб (*art. acromioclavicularis*)

Зглобне површине: акромиална зглобна површина (*fades articularis acromialis*) на клавикули и зглобна површина акромиона (*fades articularis acromii*) на акромиону. У овом зглобу постоји и *discus articularis*.

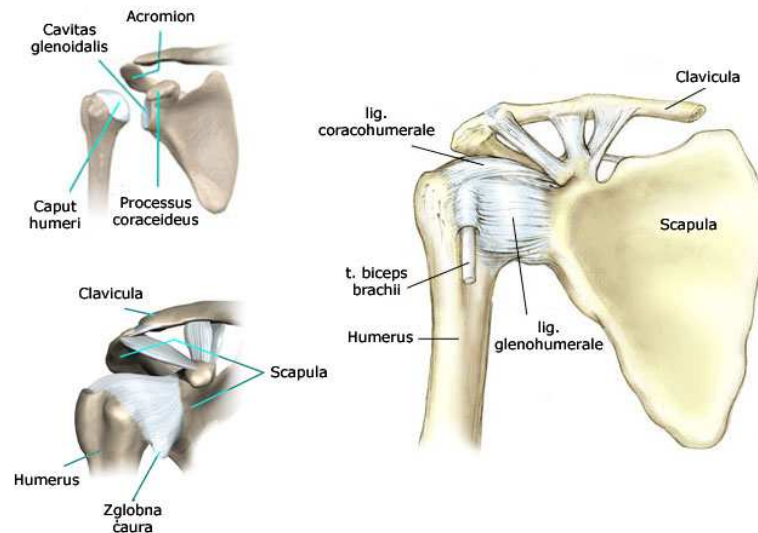
Везе: зглобна чаура, горњи и доњи акромио-клавикуларни лигамент (*ligg. acromioclaviculare superius et inferius*). Посебни утицај на овај зглоб има снажни коракоклавикуларни лигамент (*lig. coracoclaviculare*), који се састоји из два дела: купастог (*lig. conoideum*) и трапезног (*lig. trapezoideum*).

Б. Спојеви руке (слободног дела горњег уда)

1. Зглоб рамена (*art. humeri*) спаја главу хумеруса (*caput humeri*) са скапулом. Тип зглоба: лоптаст.

Зглобне површине: гленоидна јама на скапули коју продубљује **чашична усна** (*labrum glenoidale*) и **глава хумеруса** на хумерусу. Између горње и средње постоји **овални отвор** (*foramen ovale*). Тај овални отвор на капсули представља најслабије њено место и кроз њега глава хумеруса при ишчашењима напушта зглоб у највећем броју случајева.

Покрети: раме је најпокретљивији зглоб у човека. При фиксираној скапули изводе се: флексија до око 90 степени, екстензија до око 30 степени, абдукција до око 95 степени, адукција до контакта надлакти са грудним кошом, спољашња и унутрашња ротација од по 90 степени.



Слика 32. Зглоб рамена (*art. humeri*)

Скапула је такође покретљива у односу на грудни кош и њен обим покретљивости је следећи: елевација за 5-7 см, депресија за 3-4 см (ова два покрета по обиму одговарају померају спољашњег крајка клавикуле при максималним амплитудама у стерноклавикуларном зглобу), абдукција и адукција од укупно 60 степени. Уколико се покретима хумеруса додају и покрети скапуле, тада се у зглобу рамена остварује абдукција до 155 степени, а флексија до 160 степени.

2. Зглоб лакта (*art. cubiti*) је спој три кости. У њему се доњи крајак хумеруса спаја са горњим крајцима радијуса и улне. Тип зглоба: сложени.

Зглоб лакта чине три зглоба:

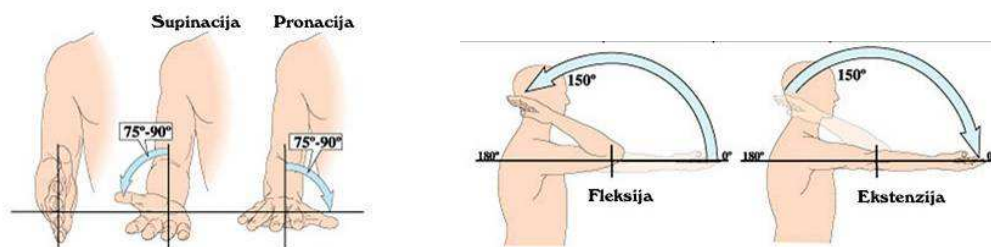
- а. зглоб хумеруса и улне (*art. humeroulnaris*),
- б. зглоб хумеруса и главе радијуса (*art. humeroradialis*) и
- в. зглоб радијуса и улне (*art. radioulnaris proximalis*).



Слика 33. Зглоб лакта (*art. cubiti*)

Покрети: у зглобу лакта, (хумерус са обе кости подлакти - хумерорадијални и хумероулнарни зглоб) врши се флексија до 150 степени. У проксималном радиоулнарном зглобу изводи се пронација и супинација, при чему се глава радијуса ротира око своје уздужне осовине, клизајући по зглобној површини улне и по читавом ануларном лигаменту. Укупна амплитуда пронације и супинације је око 170 степени.

Везе: У зглобу лакта налазе се медијални колатерални лигамент (*lig. collaterale ulnare*) са унутрашње стране и латерални колатерални лигамент (*lig. collaterale radii*) са спољне стране, које су основ стабилности зглоба лакта



Слика 34. Покрети у зглобу лакта

3. Доњи жбично-лактични зглоб (*art. radioulnaris distalis*) представља зглоб између доњих крајака радијуса и улне. Тип зглоба: равни тип.

Покрети: у овом зглобу се изводи пронација и супинација подлактица при чему радијус испољава сложени покрет истовременог клизања по *circumferentia articularis ulnae*, која је цилиндричног облика.

4. Зглобови шаке (*artt. manus*).

У спојеве шаке спадају:

- а. зглобови ручја (горњи и доњи);
- б. зглобови ручја са доручјем;
- в. зглобови доручја са прстима и
- г. зглобови прстију.

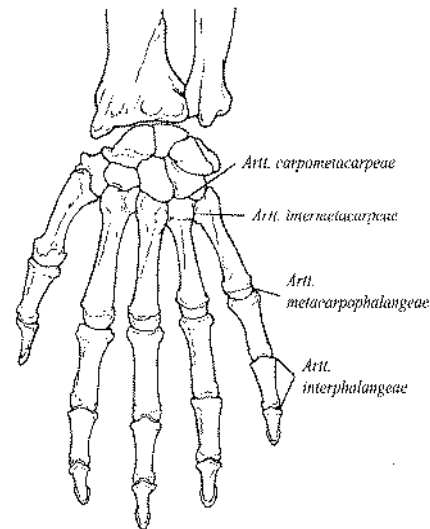
а. Зглобови ручја (*art. radiocarpea*)

- **Горњи зглоб ручја** је сложени зглоб између костију подлактица и ручја и чине га доњи крајак радијуса, артикуларни дискус и горње стране три кости проксималног реда ручја: чунаста, полумесечаста и тророгла. Тип зглоба: сложени тип. **Покрети:** Флексија до око 90 степени, екстензија до 70 степени, абдукција до 15 степени, адукција до око 60 степени. Постоји могућност извођења и циркумдукције.
- **Доњи зглоб ручја** чине кости проксималног и дисталног дела ручја, који између себе образују полупокретне зглобове (*artt. intercarpeae*)

Горњи и доњи зглоб ручја се допуњавају и омогућавају ограничену палмарну и дорзалну флексију, радијалну и улнарну абдукцију шаке.

б. Зглобови ручја са доручјем (*artt. carpometacarpeae*) су полупокретни, изграђени по типу равних зглобова, осим трапезометакарпалног зглоба који је типичан седласти зглоб (између прве кости доручја и трапезне кости), у коме се врше покрети прве кости доручја и палца: одвођење, привођење - опозиција (довођења палца у положај наспрам осталих прстију) и репозиција. Ово је покрет карактеристичан само за човечију шаку.

в. Зглобови доручја са прстима (*artt. metacarpophalangeae*) спајају зглобне површине глава костију доручја са конкавним зглобним површинама база проксималних чланака прстију.



Слика 35. Зглобови костију шаке

Тип зглобова: Метакарпофалангеални зглоб палца је типа шарке. Остала четири су анатомски грађени као лоптасти, али се у њима не врше сви покрети карактеристични за остале лоптасте зглобове, јер ротацију фаланги око њихових уздужних оса спречавају постојећи лигаменти.

Покрети: врше се покрети флексије и екстензије, абдукције и адукције прстију средњој линији шаке, тако да се покрети абдукције другог и петог прста изводе у супротним смеровима - тј. ширење и скупљање прстију. Изузетак је метакарпофалангеални зглоб палца, где се врше углавном само флексија и екстензија.

г. **Зглобови прстију** (*artt. interphalangeae*) су типа зглоба *шарке*, у којима се врше покрети екстензије и флексије (око 90-100 степени). Палац има само две фаланге тако да има само један зглоб међу њима. Код осталих прстију постоје по два зглоба.

4. Зглобови доњег уда

Зглобови доњег уда деле се на:

А. Спојеве карличног појаса у које спадају:

1. Крсно-бедрени зглоб (*art. sacroiliaca*)
2. Препонска симфиза (*symphysis pubica*)
3. Две крсно седалне везе

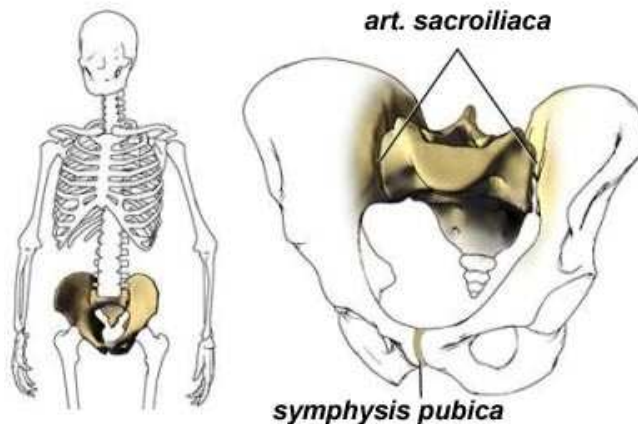
Б. Спојеве ноге (слободног дела доњег уда) у које спадају:

1. Зглоб кука (*art. coxae*)
2. Зглоб колена (*art. genus*) и спојеве костију потколенице
3. Зглобови стопала (*artt. pedis*)

А. Спојеве карличног појаса:

1. Крсно-бедрени зглоб (*art. sacroiliaca*) спаја увасте зглобне површине бедрене и крсне кости, које су равне и покривене дебелим слојем хрскавице. У крсно бедреним зглобовима врше се мали покрети обртања крсне кости или карличних костију око заједничке попречне осовине, при чему се слабинска кривина кичменог стуба повећава или смањује.

2. Препонска симфиза (*symphysis pubica*) је фибризно - хрскавичести спој на предњем делу карличног прстена, између леве и десне препонске кости.



Слика 36. Спојеве карличног појаса

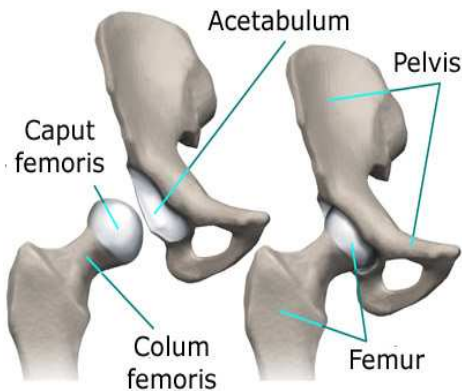
Б. Спојеве ноге:

1. Зглоб кука (*art. coxae*) повезује карличну кост с горњим крајем бутне кости - спој карличне и бутне кости. Тип зглоба: кугласт (лоптаст) и одликује се покретљивошћу у свим правцима око једне обртне тачке.

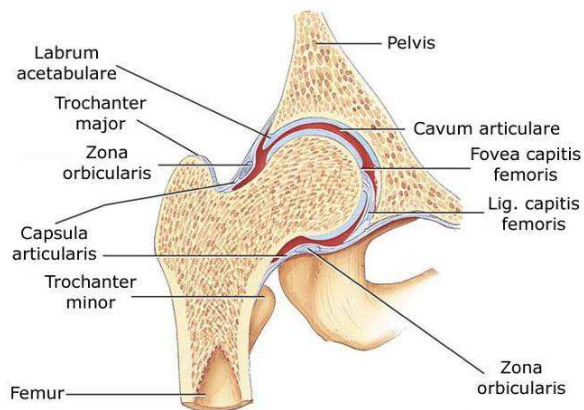
Зглобне површине: полумесечаста зглобна површина ацетабулума се зглобљава са главом бутне кости.

Дубоки слој зглобне **чауре** састављен је из прстенасто постављених влакана - прстенаста веза (*zona orbicularis*). Она обухвата главу и врат фемура спречавајући испадање главе из ацетабулума.

Покрети: У пракси се у овом зглобу врше покрети карлице према натколеници, и покрети натколенице према карлици (зависно од тога где је тачка ослоња). У зглобу кука врше се покрети флексије до 120 степени, екстензије до 20 степени, абдукције до 45 степени, адукције до 15-30 степени, спољашње ротације до 45-60 степени, унутрашње ротације до 15 степени, а при повољном положају (при флексији и абдукцији) и свих 50 степени. Изводи се и покрет кружења.

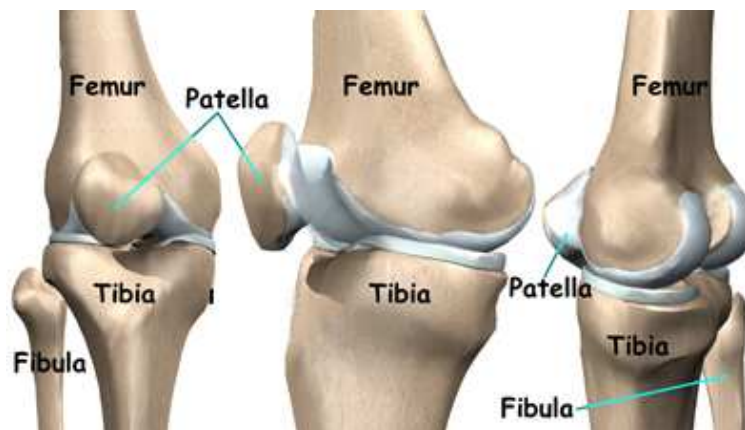


Слика 37. Зглоб кука



Слика 38. Зглоб кука – попречни пресек

2. Зглоб колена (*art. genus*) је зглоб три кости: **фемура, тибије и пателе**. Зглоб колена састоји се из два зглоба који се налазе у заједничкој чаури. Тип зглоба: сложени тип.



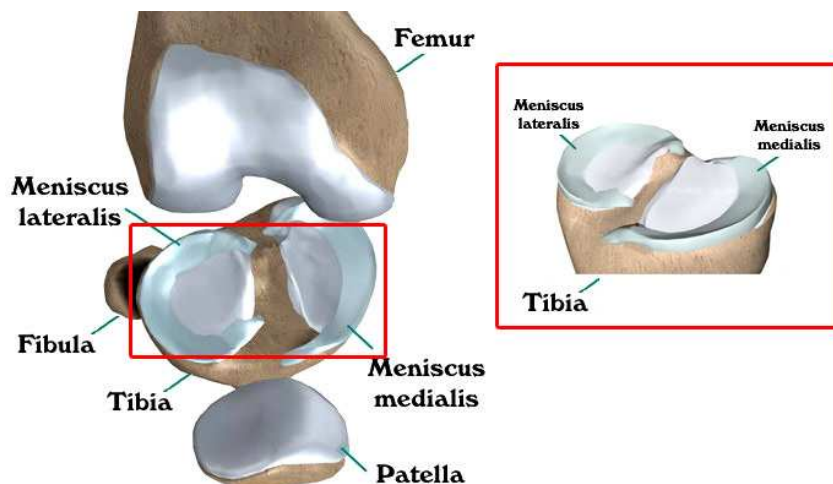
Слика 39. Зглоб колена

а. Голењачно-бутни зглоб (*art. tibiofemoralis*). Зглобне површине: горња површина оба кондила тибије (*fades articularis condyli lateralis et medialis tibiae*) се зглобљава са испупченим кондилулима фемура (*condylus lateralis et medialis femoris*).

б. Чашично-бутни зглоб (*art. patellofemoralis*). Зглобне површине: задња страна пателе (*facies articularis patellae*) се зглобљава са предњом страном кондила фемура (*facies patellaris*).

У зглобу колена се између зглобних површина фемура и тибије налазе два **менискуса**, спољашњи и унутрашњи (*meniscus lateralis et medialis*). Обликом подсећају на кришку мандарине, осим што су полумесечасто савијени. Притом је спољашњи више савијен од унутрашњег, скоро потпуно кружног облика. Каже се да је латерални менискус попут слова О, а медијални попут слова С.

Оријентисани су тако да се савијају и стањују ка **интеркондиларном узвишењу (*eminentia intercondylaris*)**. Спољашње лучно испупчене стране оба менискуса су чврсто срасле за капсулу зглоба колена. Менискуси обезбеђују посредно налегање обних површина кондила фемура на равне зглобне површине кондила тибије.



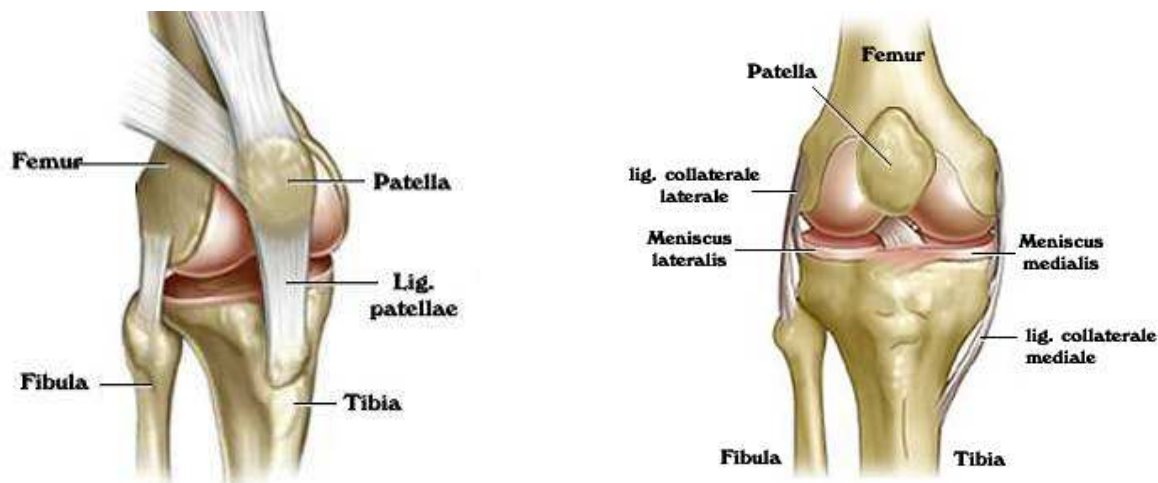
Слика 40. Зглоб колена - менискуси (*meniscus lateralis et medialis*)

Зглобне везе: Поред снажне зглобне чауре зглоб колена појачава више лигамената. Лигаменте коленог зглоба делимо на:

- а. спољашње (налазе се ван зглобне капсуле) и
- б. унутрашње (налазе се унутар самог зглоба).

а. Спољашње везе:

- **предња** чашична веза (*lig. patellae*) која врх пателе спаја са *tuberositas tibiae*. У функционалном смислу представља завршну тетиву четвороглавог мишића бута. Са обе бочне ивице пателе полази по једна лезаста веза пут наниже и бочно.
- **бочне:** са обе стране коленог зглоба налази се по једна јака веза. То су спољашња и унутрашња побочна веза (*lig. collaterale laterale et mediale*).

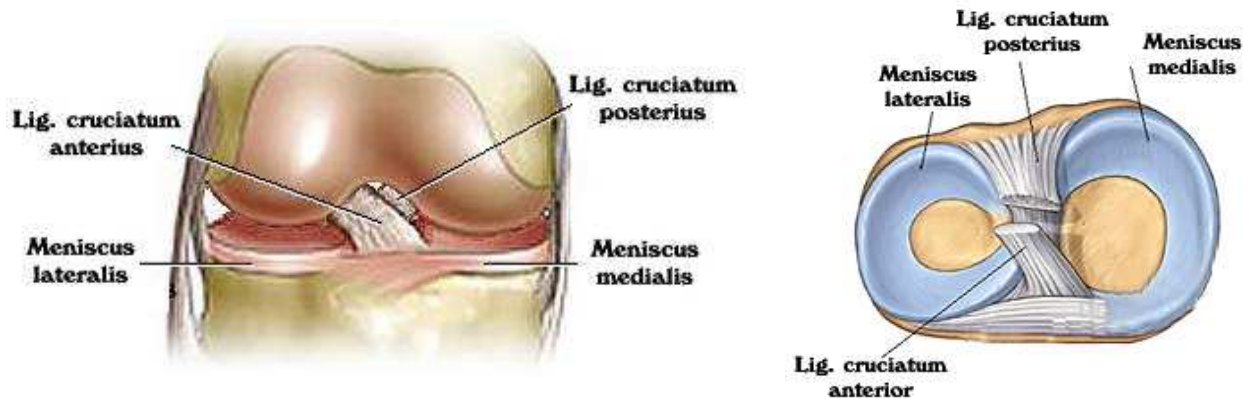


Слика 41. Предње (лево) и бочне везе зглоба колена (десно)

- **задње:** од значаја су две задње спољашње везе. Коса затколена веза (*lig. popliteum obliquum*) се пружа од задње стране латералног кондила фемура до задње-унутрашње стране медијалог кондила тибије односно до дисталног припоја полуопнастог мишића (*m. Semimembranosus*). Коси поплитеални лигамент представља повратни продужетак тетиве поменутог мишића. Лучна затколена веза (*lig. popliteum arcuatum*) такође полази од латералног кондила фемура, лучно се пружа наниже и унутра и дистално се припаја на задњем делу зглобне капсуле.

6. Унутрашње везе:

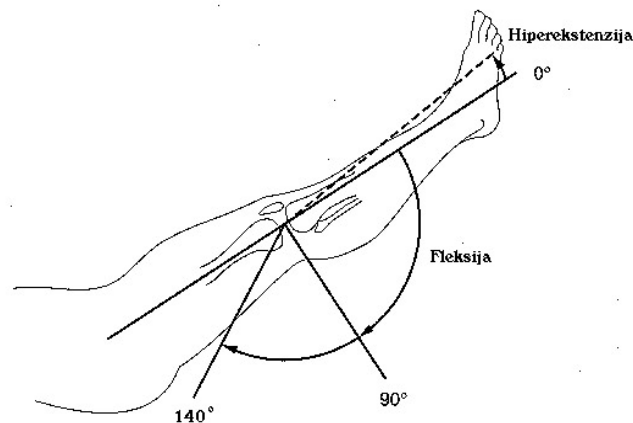
Најважније унутрашње везе су **предња** и **задња укрштена веза** (*lig. cruciatum anterius et posterius*). Укрштени лигаменти полазе са незглобних површина одговарајућих кондила фемура, површина које гледају у **интеркондиларну јаму** (*fossa intercondylaris*) и оба завршавају на интеркондиларном узвишењу тибије.



Слика 42. Предња и задња укрштена веза зглоба колена (*lig. cruciatum anterius et posterius*)

- **Предњи укрштени лигамент** полази са задњег дела спољашњег зида интеркондиларне јаме, спушта се косо напред и унутра и припаја се на предњем интеркондиларном пољу (*area intercondylaris anterior*), у близини предњих рогова менискуса.
- **Задњи укрштени лигамент** полази са предњег дела унутрашњег зида интеркондиларне јаме, спушта се косо назад и упоље и припаја се на задњем интеркондиларном пољу (*area intercondylaris posterior*) близу задњих рогова менискуса (чак се задња укрштена веза једним танким снопом припаја на задњем рогу спољашњег менискуса). Оба укрштена лигамент тако су уздужно упредена да им је при сваком положају колена увек затегнут бар део влакана.

Покрети: у зглобу колена изводе се покрети флексије до 140 степени. Почетни положај је често и положај крајње екстензије, али многи људи могу да изведу и покрет хиперекстензије до 10 степени. Када је колено флектирано, могуће је извести и покрете спољашње ротације до 35 степени и унутрашње ротације до 40 степени.



Слика 43.. Покрети у зглобу колена

Спојеви потколенице

а) Глава лишњаче се спаја са спољним кондилом голењаче и чини **полупокретни горњи голењачнолишњачни зглоб** (*art. tibiofibularis*) у коме се врше минимална међусобна померања (клизања) зглобних површина. Он представља горњи од два зглоба тибије и фибуле. Тип зглоба: равни тип.

Зглобне површине: зглобна површина за фибулу (*faces articularis fibularis*) на тибији се зглобљава са зглобном површином главе фибуле (*facies articularis capitis fibulae*).

б) Између доњих крајева голењаче и лишњаче је снажан **везивни спој** (*syndesmosis tibiofibularis*), у коме се врше мали покрети одмицања у горњем скочном зглобу, приликом дорзалне флексије, односно минимални покрети размицања и примицања зглобних површина, под утицајем покрета у талокруралном зглобу. Овај спој се назива и доњи голењачнолишњачни зглоб иако је то само **спој** доњих крајака тибије и фибуле. Тип зглоба: Није прави зглоб већ синдесмоза и не припада зглобовима.

Зглобне површине: лишњачки усек тибије (*incisura fibularis*) и одговарајуће испупчење на фибули.

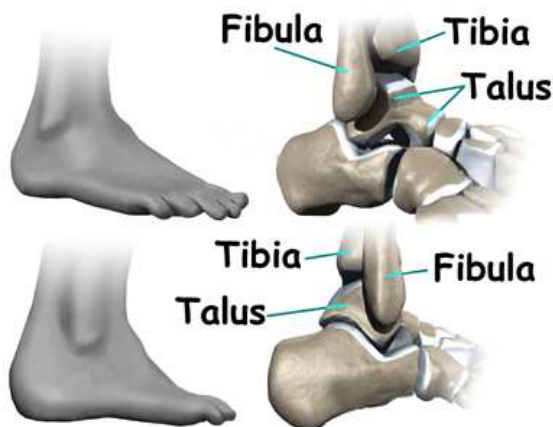
3. **Зглобови стопала** (*art. pedis*). За покрете стопала најважнији су **доњи и горњи скочни зглоб**, који се у функционалном погледу, међусобно допуњавају. **Остали зглобови стопала** образују две посебне функционалне групе.

Према томе зглобови стопала су:

- а. Горњи скочни зглоб (*art. talocruralis*)
- б. Доњи скочни зглоб
- в. Остали зглобови стопала
- г. Зглобови прстију

а. Горњи скочни зглоб (*art. talocruralis*) спаја тело скочне кости са доњим крајевима подколенице. То је зглоб у коме учествују три кости: тибија, фибула и талус. У њему се талус зглобљава са функционалном целином коју чине кости потколенице.

Покрети: у горњем скочном зглобу изводе се покрети флексије до 30 степени и екстензије до 40 степени. Код покрета стопала често се користе и термини **дорзална флексија** (за флексију) и **плантарна флексија** (за екстензију). Тип зглоба: шарка.



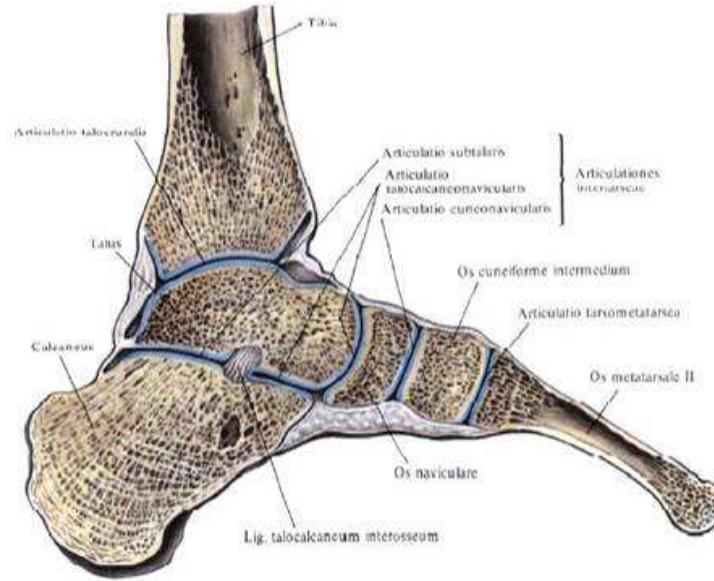
Слика 44. Горњи скочни зглоб (*art. talocruralis*)

Зглобне површине: доња зглобна површина тибије (*faces articularis inferior tibiae*) уз зглобне површине спољашњег (*facies articularis malleoli lateralis*) и унутрашњег малеолуса (*facies articularis malleolaris*) зглобљавају се са колотуром скочне кости (*trochlea tali*) и његовим бочним зглобним површинама (*facies malleolaris lateralis et medialis*).

б. Доњи скочни зглоб је заједнички назив за два зглоба, са укупно осам зглобних површина које се налазе на три кости и на једној фиброзно-хрскавичавој вези. Он је подељен каналом ножја у два дела - на предњи и задњи. Ове структуре се анатомски групишу у следећа два зглоба:

- субталарни зглоб (*art. subtalaris*)
- талокалканеонавикуларни зглоб (*art. talocalcaneonavicularis*)

Тип зглоба: сложен.



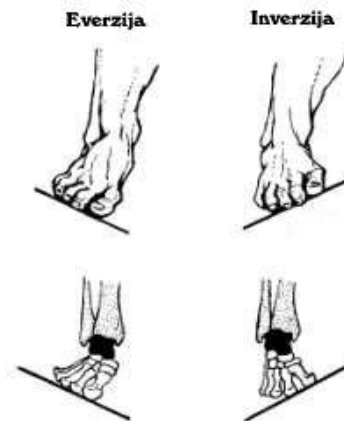
Слика 45. Зглобови стопала (*art. pedis*)

Покрети: у доњем скочном зглобу изводе се покрети абдукције и адукције стопала (у односу на замишљену осу стопала, која се поклапа са осовином друге метатарзалне кости), као и супинације и пронације стопала. Оријентације ради: при супинацији стопала одиже се унутрашња ивица а при пронацији спољашња.

Постоје и називи за покрете здружене адукције и супинације - **инверзија**, односно абдукције и пронације - **еверзија**.



Слика 46. Покрети у горњем скочном зглобу



Слика 47. Покрети у доњем скочном зглобу

в. Остали зглобови стопала образују посебну средњу групу, у којој се врше минимална међусобна померања костију, која се у функционалном смислу допуњују и обезбеђују увијање предњег дела стопала при ходу, око његове сагиталне осовине. Они омогућавају и еластичност сводова стопала, који се приликом разних оптерећења спуштају или подижу.

1. Петну кост са коцкастом спаја **калканокубоидни зглоб** (*art. calcaneocuboidea*), који заједно са предњим делом доњег скочног зглоба образује **хируршки зглоб** (*art. tarsi transversa-shoparti*).

2. Чунасту са клинастом кости спаја **заједнички зглоб** (*art. cuneonavicularis*).

3. Између костију ножја и прстију доножја постоје **три зглоба** (*art. tarsometatarsae*), чије су чауре одвојене снажним међукоштаним везама.

4. Између база 2. до 5. кости доножја постоје **зглобови** (*art. intermetatarsae*) и снажне међукоштане везе.

г. Зглобови прстију.

Базални зглобови прстију, који се налазе између глава костију доножја и чашица проксималних чланака су кугласти, а **зглобови између чланака** (*art. interphalangeae*) у облику шарке.

Код нормалног става прсти стопала су у базалном зглобу у екстензији, а у остала два зглоба у флексији.

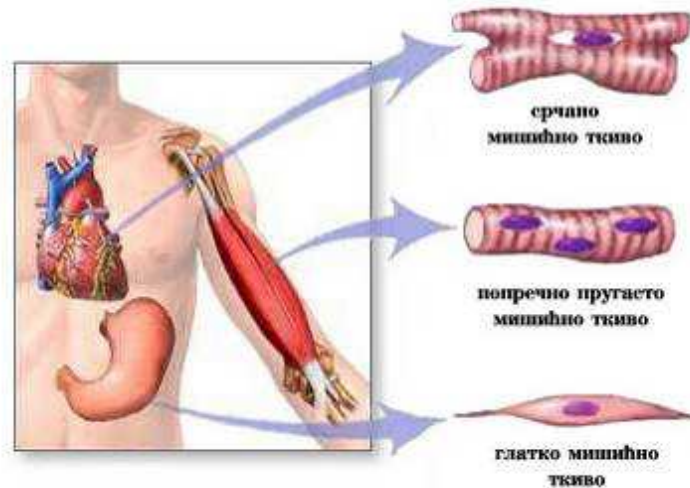
4. МИШИЋИ (MYOLOGIA)

ОСНОВНИ ПОЈМОВИ О МИШИЋИМА

Наука која се бави изучавањем мишића назива се Миологија (*Myologia*). Мишић (*musculus*) је орган који је у стању да се грчи (контрахује) и тако остварује мишићни рад. Мишићи се карактеришу еластичношћу, тј. способношћу да се након истегања врате у првобитни положај.

У организму човека постоје три врсте мишићног ткива:

1. глатко мишићно ткиво, које чини један од слојева зида крвних судова, као и зида других цевастих органа који припадају системима органа за дисање, варење, мокраћних, полних и др. органа;
2. срчано мишићно ткиво, које гради срце и има посебне одлике и
3. попречно пругасто мишићно ткиво, које гради скелетне мишиће.



Слика 48. Врсте мишићног ткива

Систем скелетних мишића представља део апарата за кретање (*apparatus locomotorius*) човека и овде је описан са становишта њихове локомоторне функције, односно улоге коју имају у покретима делова тела. У том смислу мишићи ће бити сврставани у групе.

Највећи број мишића има више функција, па се за главну узима она која је најизраженија. Поједини мишићи имају више од главне функције, а различити снопови једног мишића имају различите функције.

Када посматрамо један изабрани покрет, сви мишићи који учествују у њему се могу поделити у три групе:

1. **агонисти** су мишићи чија контракција у највећој мери доприноси датом покрету.
2. **синергисти** су мишићи који се контрахују истовремено са агонистима, помажу им и допуњавају их коригујући правац покрета.
3. **антагонисти** су мишићи који се својим дејством супротстављају датом покрету односно врше покрет у истом зглобу али у супротном смеру од агониста.

Основна карактеристика мишићног рада је напрезање. Мишићи се међусобно разликују према својој снази и расподели те снаге током покрета.

На основу тога разликује се:

- напрезање у условима када се *интензитет не мења*, а мења се дужина мишића што се назива **изотонусна контракција**,
- када се интензитет напрезања повећава, а *не мења се дужина* мишића говоримо о **изометријској контракцији**,
- напрезање при коме се *дужина мишића мења равномерно брзином* назива се **изокинетичка контракција**.

ГРАЂА МИШИЋА

Сваки скелетни мишић се састоји из:

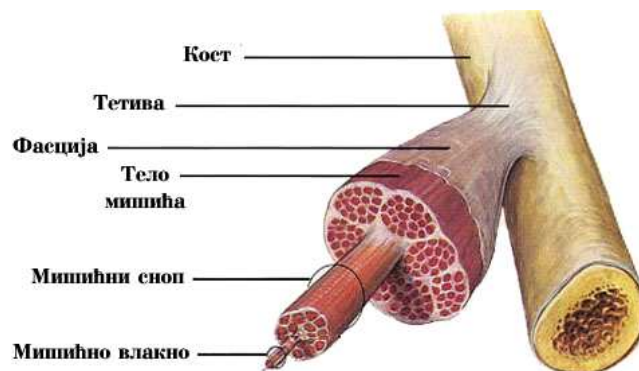
- мишићног тела и
- мишићних припоја.

Тело мишића се састоји из *мишићних влакана* организованих у *снопове*, где је сваки сноп састављен из више мањих снопова. Што су снопови крупнији, то су међусобно одвојени дебљим слојем везивног ткива. Поједини мишићи имају видљиву и наглашену поделу на два, ређе три или четири велика снопа, који на једном крају имају одвојене припоје, и они се тада називају **мишићним главама** (нпр.: *двоглави прегибач подлактица*, *троглави опружач подлактица*, *четвороглави мишић буте* и слично).

Тело мишића се помоћу густог везивног ткива причвршћује за одговарајућа места на костима **мишићни припоји**. У ређем броју случајева мишићни припоји се не налазе на костима већ на другим структурама: **везивној међумишићној прегради** (*septum intermusculare*) или везивним опнама које се зову **фасције (fascio)** које прекривају и обмотавају групе мишића, ређе појединачне мишиће.

Неки мишићи налажу на кост широком површином. Већина мишића ипак има бар један припој који је релативно мали и удаљен од тела мишића, па је везивно ткиво које обезбеђује такав припој у виду траке која се назива **тетива (tendo)**.

Тетива има дужих или краћих, ширих или ужих, округластих или пљоснатих, али су им заједничка својства отпорност на истезање и релативно мало трење приликом њиховог кретања. Везивно ткиво исте врсте као и тетива, које спаја две кости назива се веза или **лигамент (ligamentum)**.



Слика 49. Структура скелетног мишића

ПОДЕЛА МИШИЋА

Основна подела на мишићне групе је:

1. **МИШИЋИ ТРУПА**
2. **МИШИЋИ ГЛАВЕ**
3. **МИШИЋИ ГОРЊЕГ УДА**
4. **МИШИЋИ ДОЊЕГ УДА**

1. Мишићи трупа

Мишићи трупа (MM. DORSI) се деле на **дорзалне** и **вентралне**. У дорзалне спадају мишићи леђа, а у вентралне мишићи трбуха, мишићи грудног коша и мишићи врата.

Мишићи трупа	
Дорзални	Вентрални
мишићи леђа	мишићи трбуха
	мишићи грудног коша
	мишићи врата

ДОРЗАЛНИ МИШИЋИ ТРУПА

Мишићи леђа

Мишићи леђа су подељени у две основне групе, које се разликују у погледу облика, главног дејства и настанка. То су:

- а. **Површна група мишића леђа (секундарни мишићи леђа)**
- б. **Дубока група мишића леђа (примарни мишићи леђа)**

а. Површни мишићи леђа

Површна група мишића леђа (секундарни мишићи леђа) се састоји од шест широких пљоснатаих мишића, распоређених у **три слоја**, који се налазе највећим делом у области леђа, одакле прелазе у предео врата, рамена и слабински део трупа. Ови мишићи полазе са ртних наставака кичмених пршљенова и један део се завршава на костима рамена (спинохумерални мишићи), а други на задњим деловима ребара (спинокостални мишићи) и распоређени су у три слоја.

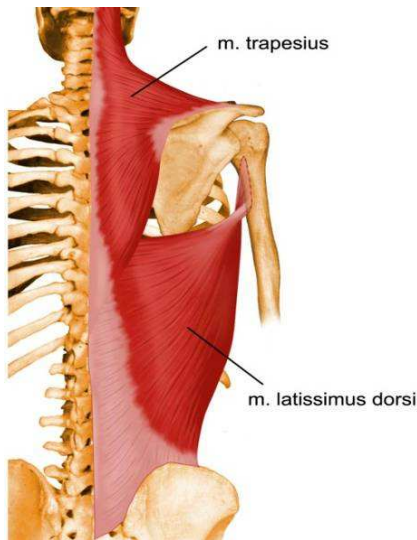
Први (задњи) слој	Други (средњи) слој	Трећи (дубоки) слој*
трапезасти мишић (<i>m. trapezius</i>)	подизач лопатике (<i>m. levator scapulae</i>)	задњи горњи зупчasti мишић (<i>m. serratus posterior superior</i>)
најшири леђни мишић (<i>m. latissimus dorsi</i>).	ромбастни мишићи, мали и велики (<i>m. rhomboideus minor et major</i>)	задњи доњи зупчasti мишић (<i>m. serratus posterior inferior</i>)

* закржљали спино костални мишићи

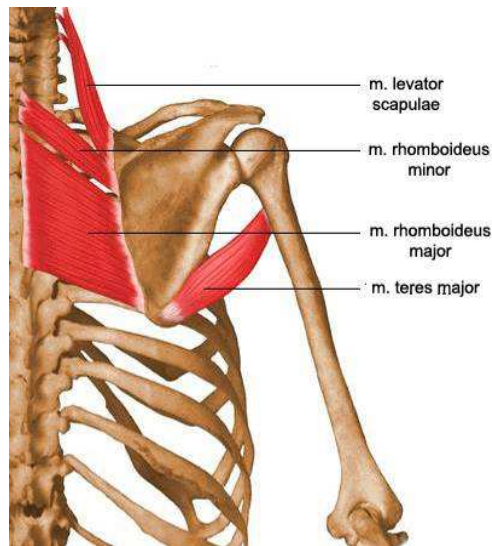
1. Трапезасти (трапезни) мишић (*m. trapezius*) је широк троугласт мишић, који својом базом полази с горње линије потиљачне кости (*linea nuchae superior*), са задње ивице вратне везе (*lig. nuchae*) и са ртних наставка свих грудних пршљенова, а завршава се својим врхом на горњој усни лопатичног гребена (*spina scapulae*) и на задњој ивици спољног краја кључнице (*extremitas acromialis*).

Дејство: Овај мишић снажно забације раме ка кичменом стубу. Његови горњи снопови подижу раме и спречавају његово обарање под утицајем терета. Доњи снопови обарају раме или подижу труп према фиксираним рамену. Доњи и горњи снопови, с обзиром да се припајају на крајевима лопатичног гребена, истовременом контракцијом обрћу лопатицу око уздужне осовине, при чему њен доњи угао иде напред и нагоре. Средњи и доњи снопови приљубљују уз грудни кош унутрашњу ивицу лопатице.

Код одузетости трапезастог мишића раме је спуштено према напред и лопатица је одмакнута од кичменог стуба, нарочито њен доњи угао. Рука не може да се подигне сасвим до хоризонтале.



Слика 50. Мишићи леђа - површни група (први слој)



Слика 51. Мишићи леђа - површни група (други слој)

2. Најшири леђни мишић (*m. latissimus dorsi*) се горњим крајем своје базе подвлачи испред трапезастог мишића. Његова база се припаја на ртним наставцима 6 последњих грудних и свих слабинских пршљенова, на средишњем крсном гребену (*crista sacralis mediana*) и на задњем делу бедреног гребена (*crista iliaca*). Његов почетни део је представљен пљоснатом апоневрозом, чија су влакна срасла с површним листом груднослабинске фасције (*fascia thoracolumbalis*).

Поред тога, овај мишић се припаја на три последња ребра и понекад на доњем углу лопатице, преко кога иначе увек прелази. Од места својих припоја мишићна влакна конвергирају, пењући се упоље, к рамену. Завршни део најширег леђног мишића покрива у виду спирале доњу и предњу страну *m. teres major-a*, прелази испред раменице и завршава се својом тетивом у међуквржном жлебу раменице (*sulcus intertubercularis*).

Дејство: Најшири леђни мишић приводи и уврће надлактицу и то веома снажно, ако је рука претходно била подигнута у страну или напред (ударац секиром). Руке и оба најшира леђна мишића, леви и десни, образују веома снажан кинетички ланац, који »код виса« има облик замке и држи човечје тело или га подиже приликом своје контракције.

Када су руке фиксирани, ребарни снопови овог мишића подижу ребра и делују као помоћни удисачи. Спољни делови левог и десног најширег леђног мишића, када су руке фиксирани, својом

истовременом контракцијом повећавају кривину кичменог стуба, притискују последња ребра и делују као снажни издисачи. Због тога су ови делови код дуготрајног, хроничног кашља хипертрофирани.

3. Подизач лопатике (*m. levator scapulae*) полази од задњих квржица прва 4 вратна пршљена. Његови снопићи савијају око спољне ивице *m. splenius-a* према назад и доле и завршавају се на горњем углу лопатике.

Дејство: Повлачи нагоре и напред лопатицу. Ако је лопатика фиксирана, повлачи назад врат и део кичменог стуба.

4. Ромбасти мишић (*m. rhomboideus*) се пружа косо упоље и надоле од ртних ртних наставака последња два вратна и прва четири леђна пршљена ка унутрашњој ивици лопатике.

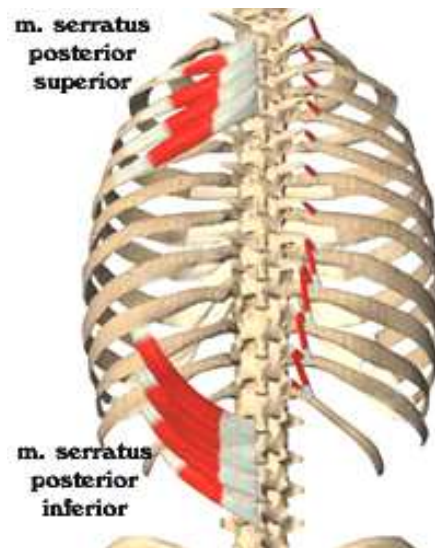
Дејство: Овај мишић повлачи лопатицу навише и унутра, према кичменом стубу. Он је антагонист *m. serratus anterior-a* у односу на унутрашњу ивицу лопатике, која спаја ова два мишића истог правца. Ова два мишића образују заједно снажну мишићну вијугу, која држи лопатицу приљубљену уз грудни кош.

5. Задњи горњи зупчасти мишић (*m. serratus posterior superior*) силази упоље од ртних наставака два задња вратна и два прва грудна пршљена ка 2-5. ребра, латерално од ребарних углова.

6. Задњи доњи зупчасти мишић (*m. serratus posterior inferior*) задњи доњи зупчасти мишић се пење упоље од ртних наставака 2 задња грудна и прва два слабинска пршљена ка доњој ивици 4 последња ребра.

Између ова два мишића налази се затегнута танка, прозирна тетивна опна, која је срасла с површним листом торако-лумбалне фасције.

Дејство: Горњи зупчасти мишић подиже ребра, а доњи их обара и делују као врло слаби помоћни респираторни мишићи.



Слика 52. Мишићи леђа - Задњи горњи зупчасти мишић (*m. serratus posterior superior*); Задњи доњи зупчасти мишић (*m. serratus posterior inferior*)

б. Дубоки мишићи леђа

Дубока група мишића леђа (примарни мишићи леђа) пружа се у виду две уздужне мишићне масе поред ртног гребена од задњег дела коштаног карличног прстена до базе лобање. Мишићи леђа у слабинском делу трупа образују снажну, масивну мишићну масу, а идући навише истањују се поступно и разлажу у већи број мишићних језичака, који се припајају на мишићним наставцима пршљенова и на задњим деловима ребара.

У вратном делу трупа њихова мишићна маса се поново задебљава у посебне анатомске и функционалне јединице, које омогућавају разноврсност и прецизност покрета врата и главе.

Дубоки мишићи леђа распоређени су у два слоја: **површни** и **дубоки**.

1. Површни слој дубоких мишића леђа
2. Дубоки слој дубоких мишића леђа

1. Површни слој дубоких мишића леђа

У површном слоју су два мишића, мишић **опружач хртењаче (1)** (*m. erector spinae*) и површније од њега, у вратном делу трупа - **завојни мишић (2)** (*m. splenius*).

Опружач хртењаче (*m. erector spinae*). У састав опружача хртењаче улазе три мишића (идући од ртног гребена упоље):

- а. Хртенични мишић (*m. spinalis*)** налази се само у грудном и вратном делу трупа.
- б. Најдужи мишић (*m. longissimus*)** пружа се од крсне кости до мастоидног наставка слепоочне кости. Горњем крају грудног дела овог мишића, с његове медијалне стране, прикључују се два појачања, **најдужи мишић врата и најдужи мишић главе**.
- в. Бедрено-ребарни мишић (*m. iliocostalis*)** пружа се од бедреног гребена до вратних пршљенова. Његов слабински део (*m. iliocostalis lumborum*) завршава се унутрашњим сноповима на врховима ребарних наставака слабинских пршљенова, а спољним снопоима на доњим ивицама б последњих ребара.

Дејство. Опружач хртењаче (*m. erector spinae*) при обостраној контракцији снажно опружа цео кичмени стуб и главу. При једностраној контракцији он савија бочно кичмени стуб и главу и окреће их на своју страну. Код бочног савијања повољније услове за дејство има бедрено-ребарни мишић него остала два мишића, пошто је крак његове силе већи.

Завојни мишић (*m. splenius*) пење се од ртног гребена косо упоље, позади и споља од дубоких мишића врата, које својим тонусом држи приљубљене уз кичмени стуб. Његови снопићи настављају од ртног гребена правац снопова *m. transversospinalis*-а са супротне стране тела и са њима образују мишићну вијугу за обртање главе и горњег дела кичменог стуба.

Дејство: Завојни мишић опружа, нагиње и окреће главу и врат на своју страну.

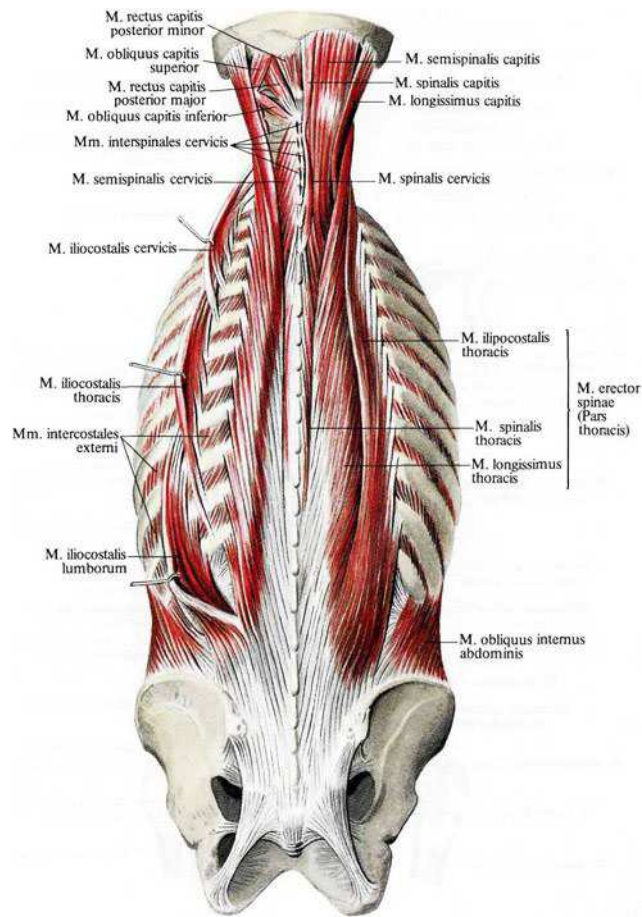
2. Дубоки слој дубоких мишића леђа

У дубоком слоју, уз кичмени стуб, налазе се многобројни кратки, **метамерички мишићи** између наставака два суседна пршљена и дуг, јако сложени **попречно-хртенични мишић (*m. transversospinalis*)**. Кратки, метамерички мишићи пружају се између ртних наставака (*mm. interspinalis*), између попречних наставака (*mm. intertransversarii*) и између потиљачне кости и прва два вратна пршљена (**субокципитални мишићи**).

1. Попречно-хртенични мишић (*m. transversospinalis*) се пружа уз кичмени стуб, од крсне кости до другог вратног пршљена. При обостраној контракцији опружа кичмени стуб и главу, а при једностраној савија бочно кичмени стуб и главу и окреће их на супротну страну.

2. Кратки метамерички мишићи (*mm. intertransversarii*) се пружају између попречних наставака пршљенова и врше слабо бочно савијање кичменог стуба.

3. Субокципитални мишићи се пружају између потиљачне кости и прва два вратна пршљена и опружају, окрећу и прегинају главу.



Слика 53. Дубоки мишићи леђа - поврнини и дубоки слој.

ВЕНТРАЛНИ МИШИЋИ ТРУПА

Мишићи трбуха (Мишићи трбушног зида)

Трбух (*abdomen*) је средњи део трупа, који се налази испод **грудног коша** (*thorax*) а изнад **карлице** (*pelvis*). Трбух сачињавају, зидови трбушне дупље и трбушна дупља са њеним садржајем.

Зидове трбушне дупље граде кости и мека ткива. Коштани део задњег зида трбушне дупље чине слабински приљенови, а дно трбушне дупље, поред осталих, чине и бедрене јаме карличних костију. Горњи део трбушне дупље делом је смештен у коштаном оклопу грудног коша испод купола дијафрагме.

Највећи део зидова трбушне дупље изграђен је од меких ткива, због чега облик и величина трбушне дупље могу бити променљиви. Идући од површине ка дубини зид трбушне дупље граде следећи слојеви: кожа, поткожно ткиво, абдоминална фасција, мишићи, зидна фасција и зидни перитонеум.

Између грудног коша и горње ивице карлице затегнути су снажни пљоснати мишићи трбушног зида и њихове пљоснате, широке тетиве зване **апоневрозе** (*aponeurosis*). Они се деле на:

- **предње-бочну групу мишића** и
- **задњу групу мишића.**

Предње-бочна група мишића	Задња група мишића
Предњи	Површни слој
прави трбушни мишић (<i>m. rectus abdominis</i>)	мишић опружач кичме (<i>m. erector spinae</i>)
пирамидални мишић (<i>m. pyramidalis</i>)	завојни мишић (<i>m. splenius</i>)
Бочни	Дубоки слој
спољашњи коси трбушни мишић (<i>m. obliquus externus abdominis</i>)	попречно-хрпченични мишић
унутрашњи коси трбушни мишић (<i>m. obliquus internus abdominis</i>)	кратки метамерички мишићи
попречни трбушни мишић (<i>m. transversus abdominis</i>)	субокципитални мишићи
	четвртасти слабински мишић (<i>m. quadratus lumborum</i>).

Табела 1. Мишићи трбуха – подела по групама

а. Предње-бочна група мишића (мишићи предњобочног трбушног зида)

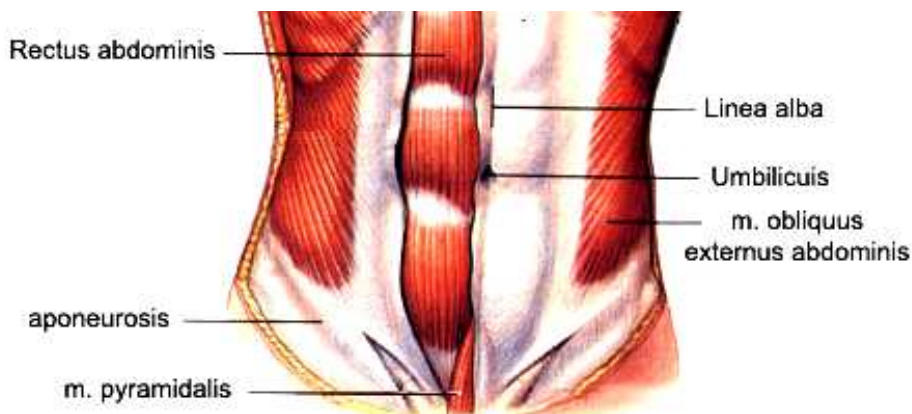
У предњу групу мишића спадају прави трбушни мишић и пирамидални мишић.

Прави трбушни мишић (*m. rectus abdominis*) налази се уз средњу линију трбуха и изгледа као пљосната трака која се пружа од мачног наставка грудне кости и 5, 6. 7. ребарне хрскавице и завршава се на препонској кости.

Дејство: прегинање грудног коша према абдомену или карлице према грудном кошу, зависно од тачке ослонца.

На њему се разликују три до четири попречне **тетивне пруге** (*intersectiones tendineae*). Обавијен је фиброзним омогачем, који граде апоневрозе бочних мишића трбушног зида. Апоневрозе бочних трбушних мишића, пошто обавију прави трбушни мишић одговарајуће стране, укрштају се међу собом на средњој линији предњег трбушног зида и граде вертикалну фиброзну траку звану **бела линија** (*linea alba*), која раздваја десни и леви прави трбушни мишић.

Пирамидални мишић (*m. pyramidalis*) је мишић је мали мишић облика троугла који лежи испод доње тетиве правога трбушног мишића. Својом базом припаја се на препонској кости, а врхом на белој линији (*linea alba*), коју затеже својом контракцијом.



Слика 54. Мишићи предњобочног трбушног зида

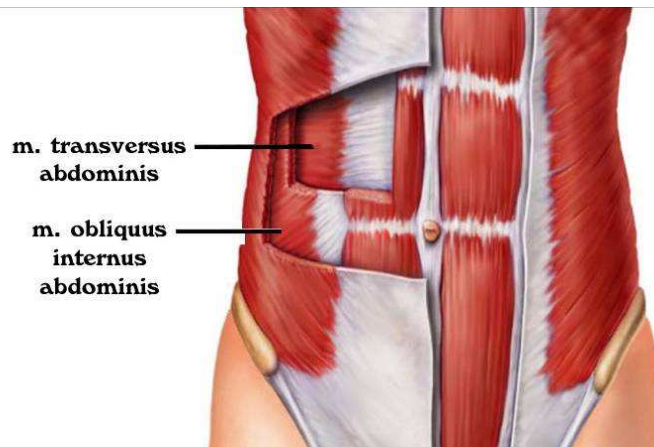
У бочну групу мишића спадају спољашњи коси трбушни мишић, унутрашњи коси трбушни мишић и попречни трбушни мишић.

Спољашњи коси трбушни мишић (*m. obliquus externus abdominis*) лежи најповршније од три мишића бочног трбушног зида. Централни припој: спољашња страна и доња ивица осам последњих ребара. Његова влакна се пружају косо наниже и напред. Периферни припој: код спољашње ивице правог трбушног мишића влакна чине широку пљоснату апоневрозу, која завршава у белој линији (*linea alba*). Најнижа влакна се припајају на предње горњој бедреној бодљи карличне кости.

Дејство: при једностраној контракцији спољашњи коси трбушни мишић врши бочно прегипање трупа на своју страну, и ротацију на супротну страну. При обостраној контракцији када је тачка ослонца на доњим припојима, овај мишић прегипа грудни кош према карлици, повлачи ребра наниже и делује као помоћни издисач. Када је тачка ослонца на горњим припојима, прегипа карлицу према грудном кошу.

Унутрашњи коси трбушни мишић (*m. obliquus internus abdominis*), се налази унутра од спољашњег, а споља од попречног трбушног мишића. Његова влакна пружају се косо напред и навише ширећи се попут лезеде. Централни припој: груднослабинска фасција и бедрени гребен карличне кости. Периферни припој: последња три ребра и апоневроза која завршава у белој линији.

Дејство: при једностраној контракцији унутрашњи коси трбушни мишић прегипа труп на своју страну и истовремено га ротира такође на своју страну. При обостраној контракцији врши прегипање трупа према карлици и обрнуто.



Слика 55. Мишићи предњобочног трбушног зида

Попречни трбушни мишић (*m. transversus abdominis*) је најдубљи од три бочна трбушна мишића, а назван је тако јер се његова влакна пружају попречно кроз трбушни зид. Централни припој: апоневроза тораколумбалне фасције од дванаестог ребра па до бедреног гребена карлице. Влакна се одатле пружају напред. Периферни припој: у апоневрози којом обухвата прави трбушни мишић и завршава се у белој линији.

б. Задња група мишића (мишићи задњег трбушног зида)

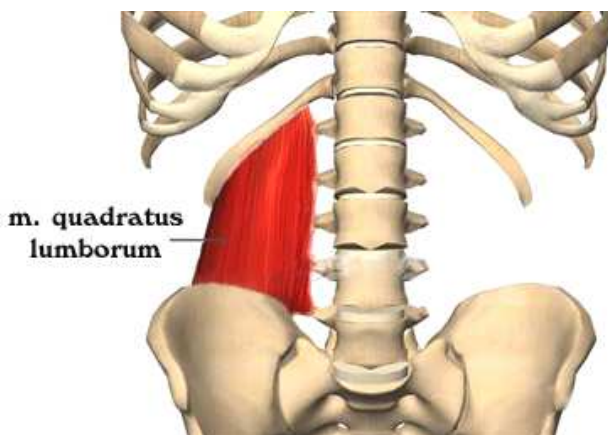
Мишиће задњег трбушног зида чине дубоки (примарни) мишићи леђа, који се пружају поред ртног гребена, од задњег дела коштаног карличног прстена до базе лобање, распоређених у површни и дубоки слој.

1. Површни слој образују мишић опружач кичме (*m. erector spinae*)(6) и завојни мишић (*m. splenius*)(7), описани у поглављу леђни мишићи.

2. Дубоки слој сачињавају попречно-хрпченични мишић, кратки метамерички мишићи и субокципитални мишићи (описани у поглављу леђни мишићи) и четвртасти слабински мишић (*m. quadratus lumborum*).

Четвртасти слабински мишић (*m. quadratus lumborum*) има облик неправилног четвороугла, који се пружа кроз слабински предео, од дванаестог ребра горе, до бедреног гребена доле и од кичменог стуба унутра до вертикалне линије повучене кроз врх 12 ребра споља.

Дејство:Бочно прегинање кичменог стуба и трупа на своју страну.



Слика 56. Четвртасти слабински мишић (*m. quadratus lumborum*)

Мишићи грудног коша

МИШИЋИ ГРУДНОГ КОША ДЕЛЕ СЕ НА:

ПОВРШНЕ ГРУДНЕ МИШИЋЕ (КОСТО-ХУМЕРАЛНА ГРУПА)	ДУБОКЕ ГРУДНЕ МИШИЋЕ
1. Велики грудни мишић (<i>m. pectoralis major</i>)	1. Међуребарни мишићи (<i>mm. intercostales</i>),
2. Мали грудни мишић (<i>m. pectoralis minor</i>)	2. Попречни грудни мишић (<i>m. transversus thoracis</i>)
3. Поткључни мишић (<i>m. subclavius</i>)	3. Пречага (<i>diaphragma</i>)
4. Предњи зупчасти мишић (<i>m. serratus anterior</i>)	

Табела 2. Мишићи грудног коша – подела на групе

Површни грудни мишићи (респираторни мишићи)

Површни грудни мишићи полазе са бочног или предњег зида грудног коша, а завршавају се на костима рамена, па стога учествују и у покретима корена горњег уда (руке).

1. **Велики грудни мишић** (*m. pectoralis major*) је широки лепезасти мишић полази с унутрашње половине предње ивице кључнице (*pars clavicularis*), с предњих страна грудне кости, од 5 или 6

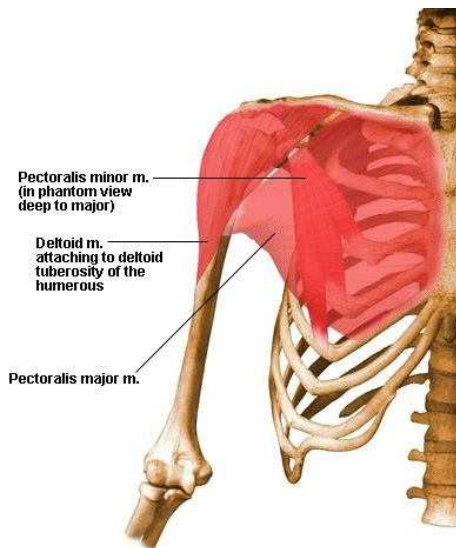
првих ребарних хрскавица (*pars sternocostalis*) и с предњег зида апоневротичног омотача правог трбушног мишића (*pars abdominalis*). Мишићна влакна ова три дела конвергирају упоље и завршавају се широком тетивом на *crista tuberculi majoris* раменице. На свом спољном крају мишић се уврће и његова доња влакна се подвлаче иза горњих. Ово увртање је од значаја за равномерно истезање мишићних влакана приликом подизања руке.

Дејство: Велики грудни мишић приводи руку, уврће је и поставља испред грудног коша. Подигнуту руку навише он снажно обара надоле и напред. Горњи снопови овог мишића у заједници с предњим делом *m. deltoideus*-а подижу руку напред. Код пливања, они снажно повлаче напред руку подигнуту у страну. Ако је рука фиксирана, овај мишић подиже ребра и делује као помноћни удисач или пак у заједници са *m. latissimus dorsi* подиже цео труп при згибу и пењању уз дрво. Доњи снопови великог грудног мишића повлаче раме надоле и напред.

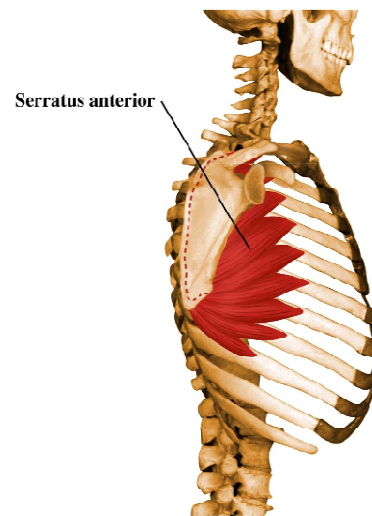
2. Мали грудни мишић (*m. pectoralis minor*) је покривен великим грудним мишићем, а полази са 3, 4. и 5. ребра и пружа се косо нагоре и упоље завршавајући се на предњој ивици *processus coracoideus*-а.

Дејство: Повлачи раме напред и надоле, а ако је раме фиксирано подиже ребра и делује као удисач.

3. Поткључни мишић (*m. subclavius*) се пружа се од горње стране 1. ребра косо упоље и нагоре до доње стране кључнице. Он служи као снажна активна веза грудно-кључног зглоба. Поред тога, он обара спољни део кључнице и фиксира је према 1. ребру.



Слика 57. Мали грудни мишић (*m. pectoralis minor*)



Слика 58. Предњи зупчасти мишић (*m. serratus anterior*)

4. Предњи зупчасти мишић (*m. serratus anterior*) полази зупцима с бочних делова првих 9 ребара, пружа се назад и завршава на унутрашњој ивици лопатице. Најслабији, средњи део овог мишића, који се пружа од 2. и 3. ребра до унутрашње ивице лопатице, понекад недостаје. Горњи део предњег зупчастог мишића полази од 1. и 2. ребра и завршава се на предњој страни горњег угла лопатице. Најјачи су доњи делови мишића, који конвергирају ка предњој страни доњег угла лопатице. Њихови припоји на ребрима укрштају се са зупцима *m. obliquus externus abdominis*-а. и називу се испод коже на бочној страни грудног коша.

Дејство: Горњи и средњи део овог мишића повлаче лопатицу напред. Његови доњи снопови обрћу лопатицу око уздужне осовине, повлачећи њен доњи угао упоље. Они представљају важнији и јачи мишић за подизање руке изнад хоризонтале него горњи и доњи снопови *m. trapezius*-а, који врше исти покрет.

Предњи зупчasti мишић се наставља, преко медијалне ивице лопатице, са *m. rhomboideus-om* до кичменог стуба и с њиме образује снажну кинетичку вијугу. Ова два мишића су антагонисти у погледу свога дејства на унутрашњу ивицу лопатице. Својим тонусом и изометричком контракцијом они фиксирају медијалну ивицу лопатице уз грудни кош. Код слабости или одузетости ова два мишића, лопатица се својом медијалном ивицом одваја од грудног коша, подиже кожу леђа и својим изгледом подсећа на *крило птице (scapula alata)*. Ова два мишића својом заједничком контракцијом подижу ребра и делују као снажан удисач.

Дубоки грудни мишићи

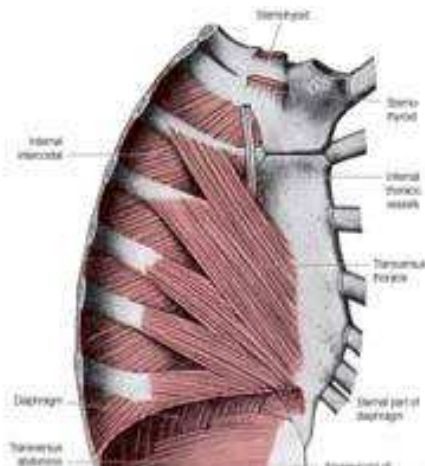
У дубоку групу спадају респираторни мишићи, чија је главна улога да својом контракцијом регулишу механику дисања, односно да повећавају или смањују грудну дупљу.

1. Спољни и унутрашњи међуребарни мишићи (*mm. intercostales*) испуњавају међуребарни простор. Својим тонусом и активним дејством оржавају сталност облика грудног коша и учествују у покретима грудног коша при дисању. Има их 11 пари и деле се на спољашње и унутрашње међуребарне мишиће (*mm. intercostales externi et interni*).

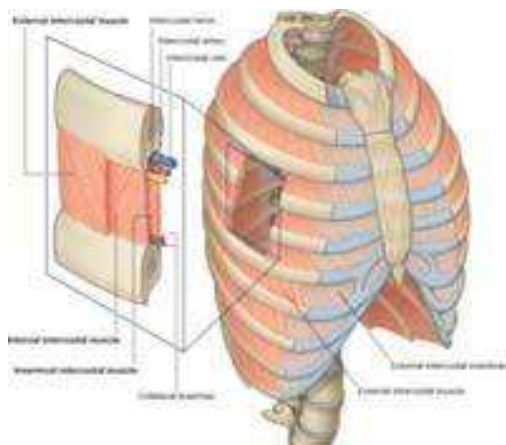
- **Спољашњи међуребарни мишић** попуњава задње две трећине међуребарног простора, од ребарне квржице па до ребарнохрскавичног споја. Његови снопови иду косо надоле и напред. Својом контракцијом подиже ребра, шири грудни кош и спада у мишиће удисаче.

- **Унутрашњи међуребарни мишић** се налази у предње две трећине међуребарног простора. Његова влакна пружају се косо нагоре и уназад. Својом контракцијом повлачи ребра надоле и скупља грудни кош па спада у мишиће издисаче.

2. Попречни грудни мишић (*m. transversus thoracis*) је танак лепезасти мишић, који се врхом припаја на доњем делу задње стране грудне кости и пружа се косо, упоље и нагоре. Он повлачи ребарне хрскавице надоле и делује као експиратор.



Слика 59. Попречни грудни мишић (*m. transversus thoracis*)



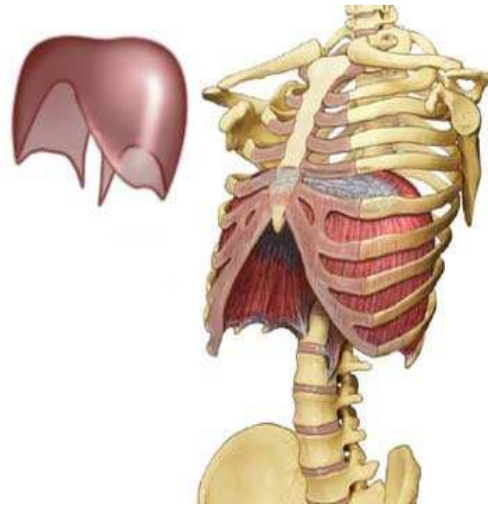
Слика 60. Спољни и унутрашњи међуребарни мишићи (*mm. intercostales*)

3. Пречага (*diaphragma*) је најважнији инспираторни мишић који у виду широке, плоснате плоче раздваја грудну од трбушне дупље. Она је мишићно тетивна формација која раздваја грудну и трбушну дупљу и има облик неправилног свода који је испупчен ка грудној дупљи. Контракцијом пречаге долази до спуштања сводова, чиме се повећава простор грудне дупље, што је чини главним мишићем удисачем.

По саставу дијафрагма има два основна дела:

- а. периферни - мишићни**
- б. средишни - тетивни**

Припаја се на задњој страни грудне кости и мачном наставку, унутрашњој страни 10, 11 и 12 ребра, а позади на телима I-IV слабинског пршљена. На дијафрагми постоје три велика и неколико малих отвора за пролазак аорте, доње шупље вене, једњака и живаца.



Слика 61. Пречага (дијафрагма)

Грудна дупља је шупљина облика који приближно одговара зарубљеној купи, делимично спљоштеној сагиталној равни. Запремина је око 7-10 литара. Облик и зидови грудне дупље одговарају облику грудног коша и код људи се разликују зависно од конституције и величине тела.

Грудна дупља је подељена на парни **марамичноплућни простор**, десни и леви и непарни средишни део назван **средогруђе**, односно простор ограничен спреда грудном кости, позади грудним пршљеновима, а са страна плућним марамицама и плућима.

Марамичноплућни простор, десни и леви су обложени зидном плућном марамицом унутар које се налази одговарајуће плућно крило, обложено унутрашњим, висцералним листом плућне марамице .

Доњи зид представља дијафрагма, док је горе отворен и у вези са вратом. Простор медијастинума дели се на горњи и доњи. Горњи медијастинум је простор у коме су у растреситом масном и везивном ткиву смештена велика артеријска, венска и лимфна стабла, живци, душник и део једњака. Доњи медијастинум је простор у коме је смештено срце и срчана кеса, аорта, плућна артерија и једњак.

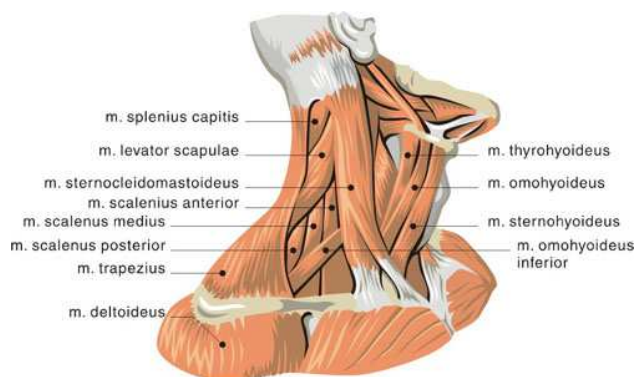
Мишићи врата

Мишићи врата **топографски** се деле на:

- а. Мишићи предње стране врата**, који леже испред кичменог стуба и идући од површине (коже) у дубину они су распоређени у три дубинска слоја.
- б. Мишићи задње стране врата**, који леже позади вратног дела кичменог стуба, а постављени су уздужно десно и лево од ртних наставака. Они су распоређени у четири дубинска слоја - од коже према кичменом стубу.

Са **функционалног становишта** мишићи врата се деле на:

- **Мишиће прегибаче (флексоере)** у вратном делу кичменог стуба.
- **Мишиће опружаче (екстензоре)** у вратном делу кичменог стуба.



Слика 62. Мишићи врата

Мишићи прегибачи (флексори)

1. Стерноклеидомастоидни мишић (*m. sternocleidomastoideus*) је најважнији мишић прегибач у вратном делу кичменог стуба. Он је парни мишић облика четвртасте траке, који се пружа од мастоидног наставка слепоочне кости и љуске потиљачне кости, косо наниже до унутрашњег краја кључне кости и дршке грудне кости. Састоји се од две главе: **стерналне** (*caput sternalis*) и **клавикларне** (*caput clavicularis*).

Дејство: Обостраном контракцијом стерноклеидомастоидни мишићи врше прегибање главе према грудима. Једностраном контракцијом изазива бочно прегибање вратног дела кичменог стуба на исту и обртање главе на супротну страну, доводећи главу у положај као код кривошија.

2. Најважнији помоћни мишићи прегибачи главе су:

- а. скаленски мишићи**, предњи, средњи и задњи (*m. scalenus anterior, medius et posterior*),
- б. дуги мишић главе** (*m. longus capitis*),
- в. дуги мишић врата** (*m. longus colli*).

Мишићи опружачи (екстензори)

Мишићи опружачи или екстензори вратног дела кичменог стуба, налазе се са задње стране кичменог стуба, припајају се већином на потиљачној кости и наставцима вратних пршљенова, пружајући се наниже дуж кичменог стуба. Сви мишићи ове групе су опружачи вратног дела кичменог стуба ако се контрахују обострано. При једностраној контракцији доводе до бочног прегибања вратног дела кичменог стуба на своју страну и обртања главе на супротну страну.

Поред **трапезастог мишића** (*m. trapezius*) који је најповршнији и описан је са мишићима раменог појаса, у мишиће опружаче врата спада више мишића дубоке групе:

- **завојни мишић главе** (*m. splenius capitis*),
- **завојни мишић врата** (*m. splenius cervicis*),
- **полуртенични мишић главе** и (*m. semispinalis capitis*).

Дејство вратних мишића: Предњи и задњи вратни мишићи омогућавају покрете главе и врата. У горњем и доњем зглобу главе, као и у спојевима вратних пршљенова, мишићи врата врше многобројне веома прецизне и фине покрете, који се могу груписати око три главне осовине: попречне, сагиталне и вертикалне и поделити на флексију, екстензију, бочно савијање и увртање. Поред тога, у основне покрете спадали би истурање и повлачење главе, при чему је потиљачни зглоб фиксиран, а повија се само вратни део кичменог стуба напред или назад.

Флексија главе и врата, у стојећем положају, врши се пасивно, под утицајем земљине теже, пошто

вертикала тежишта главе силази испред попречних осовина потиљачног зглоба и спојева вратних пршљенова. У лежећем положају или када отпор делује на чело, флексију главе врше сви предњи мишићи врата, изузев средњих и задњих скаленских.

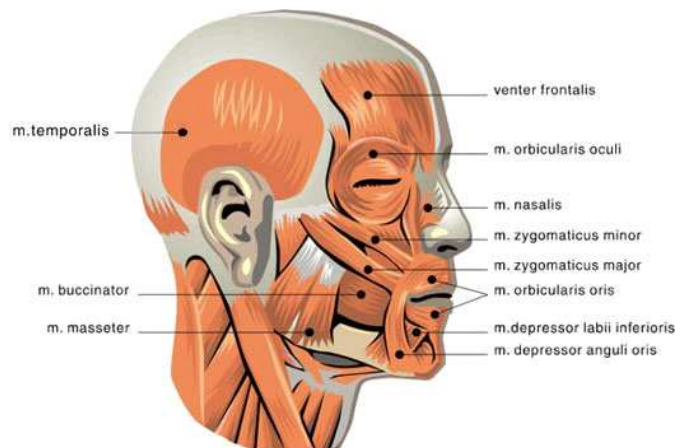
Екстензију главе врше задњи мишићи врата при обостраној контракцији. Екскурзије флексије и екстензије главе и врата износе укупно око 130°, а од тога три четвртине отпадају на зглобове вратног дела кичменог стуба.

2. Мишићи главе

Мишиће главе делимо на **површне (мимичне)** или поткожне мишиће главе и **дубоке (мастикаторне)** или мишиће жвакаче.

Површни (мимични) мишићи се налазе у поткожном ткиву лица, крову лобање и предње стране врата. Они су директно повезани са еластицитетом коже и својом контракцијом истежу и на кожи лица праве боре, па на тај начин регулишу израз лица човека. То су **мишићи свода лобање, мишићи спољашњег уха, мишићи очних капака и обрве, мишићи спољашњег носа и мишићи усана, образа и браде.**

Дубоки (мастикаторни) мишићи својим дејством на доњу вилицу учествују у жвакању хране. Ово дејство остварује већи број мишића, али најважнији мастикаторни мишићи су *масетерични мишић, слепоочни мишић спољашњи криласти мишић и унутрашњи криласти мишић.*



Слика 63. Мишићи главе

3. Мишићи горњег уда (Руке)

Мишићи рамена повезују горњи крај раменице са костима раменог појаса. Они се деле на:

1. **мишиће рамена,**
2. **мишиће надлактице,**
3. **мишиће подлактице и**
4. **мишиће шаке.**

Мишићи рамена

Мишићи рамена (рамени мишићи) образују сложен мишићни систем корена горњег уда, који врши покрете руке у свим правцима:

- подизање руке напред или назад,
- подизање руке у страну и привођење,
- увртање и извртање руке.

У мишиће рамена спада следећих 6 мишића:

Бочни мишић:

1. **Делтасти мишић** (*m. deltoideus*)

Мишићи на задњој страни лопатице:

2. **Надгребени мишић** (*m. supraspinatus*)

3. **Подгребени мишић** (*m. infraspinatus*)

4. **Велики обли мишић** (*m. teres major*)

а. **Мали обли мишић** (*m. teres minor*)

Мишићи на предњој страни лопатице:

6. **Подлопатични мишић** (*m. subscapularis*)

У мишиће рамена у функционалном смислу убраја се још 8 мишића:

А. Косто - хумерални (површни) мишићи

1. **Велики грудни мишић** (*m. pectoralis major*)

2. **Мали грудни мишић** (*m. pectoralis minor*)

3. **Подкључни мишић** (*m. subclavius*)

4. **Предњи зупчасти мишић** (*m. serratus anterior*)

Б. Спино – хумерални мишићи

5. **Трапезасти мишић** (*m. trapezius*)

6. **Широки леђни мишић** (*m. latissimus dorsi*)

7. **Ромбастни мишић** (*m. rhomboideus*)

8. **Подизач лопатице** (*m. levator scapulae*)

Ови мишићи повезују труп с кореном горњег уда и својим контракцијама врше покрете у спојевима раменог појаса и у зглобу рамена.

1. **Делтасти мишић** (*m. deltoideus*) је троугластог облика и својом базом се припаја на предњој ивици спољног крајка кључнице, на спољној ивици натплећка (*acromion*) и на доњој усни задње ивице лопатичног гребена (*spina scapulae*), а својим врхом завршава се на храпавом отиску спољне стране раменице (*tuberositas deltoidea*). Он належе уз спољну страну зглоба рамена, од које је одвојен добро развијеном слузном кесом (*bursa subdeltoidea*).

Дејство: Делтасти мишић је снажан одводицац руке. Он подиже руку у страну само до хоризонтале, а при даљем подизању руке настаје обртање лопатице, при чему њен доњи угао клизи напред и нагоре. Ако је рука фиксирана, делтасти мишић обрће лопатицу, вуче на доле њен натплећак и њен доњи угао иде ка кичменом стубу.

У функционалном погледу на делтастом мишићу се разликују три дела, предњи, средњи и задњи.

Средњи, акромилални део је најјачи и главни носилац функције делтастог мишића. **Предњи** и **задњи** део при истовременој контракцији делују као одводиоци или као приводиоци, у зависности од положаја руке, односно од свог односа према сагиталној осовини зглоба рамена.

Када је рука одмакнута, преко 60°, предњи и задњи део *m. deltoideus*-а постављају се упоље од сагиталне осовине зглоба и делују као одводиоци, а у обрнутом случају својом контракцијом привлаче руку. Предњи део подиже руку у страну и напред, а задњи део у страну и назад. При томе они врше и извесан покрет обртања, предњи део обрће руку унутра, а задњи део упоље. Руку подигнуту у страну предњи део делтастог мишића повлачи напред, а његов задњи део - назад.

2. **Надгребени мишић** (*m. supraspinatus*) се припаја се у надгребеној јами лопатике и на дубокој страни своје снажне фасције. Идући упоље, он се сужава и пошто прође испод акромиона завршава се припојем на квржици рамене кости.

Дејство: Помоћни одводилац руке, коју подиже упоље и напред и спољни ротатор у зглобу рамена

3. **Подгребени мишић** (*m. infraspinatus*) је троугластог облика и припаја се својом базом у подгребеној јами лопатике, а врхом на квржици рамене кости.

Дејство: Обрће руку упоље.

4. **Велики обли мишић** (*m. teres major*) полази са доњег дела спољне ивице лопатике и завршава се на квржици рамене кости.

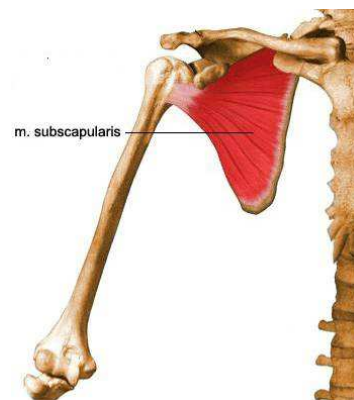
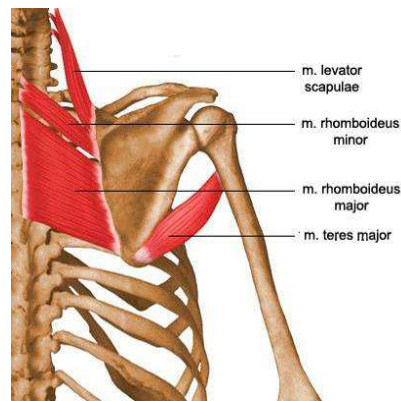
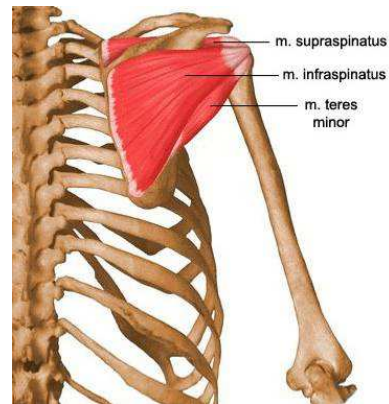
Дејство: Овај мишић је привођилац и увртач надлакти.

5. **Мали обли мишић** (*m. teres minor*) полази са горњег дела спољне ивице лопатике и завршава се на квржици рамене кости.

Дејство: Обрће надлакти упоље.

6. **Подлопатични мишић** (*m. subscapularis*) је снажан троугласти мишић, који полази из подлопатичне јаме на предњој страни лопатике и завршава се на квржици рамене кости.

Дејство: Овај мишић је главни унутрашњи ротатор руке.



Слика 64. Мишићи рамена

Дејство мишића рамена

Рамени мишићи са косто-хумералним и спино-хумералним мишићима трупа формирају сложен мишићни систем корена горег уда, који омогућава многе веома прецизне и снажне покрете. Мишићни систем корена горњег уда врши покрете руке у свим правцима, око обртне тачке куластог зглоба.

Подизање руке напред (флексија у раменом зглобу), врше предњи део *m. deltoideus-a* и кључњачни део *m. pectoralis major-a*, уз помоћ *m. supraspinatus-a*, *m. coracobrachialis-a* и обеју

глава *m. biceps brachii-a*. При овом покрету, лопатичну чашицу повлаче и управљају навише и напред доњи делови *m. trapezius-a* и *m. serratus anterior-a* и *m. pectoralis minor*.

Подизање руке назад врше задњи део *m. deltoideus-a* и дуга глава *m. triceps brachii-a*. При овом покрету, лопатица се својом чашицом окреће упоље под утицајем тракције *m. rhomboideus-a* и средњег дела *m. trapezius-a*, а својим доњим углом се одиже од грудног коша, јер је *m. levator scapulae* повлачи навише и напред.

Подизање руке у страну, њену абдукцију до хоризонтале, врши *m. Deltoideus* уз помоћ *m. supraspinatus-a* и дуге главе *m. biceps brachii-a*. Пре него што рука достигне хоризонталу наступа обртање лопатице под утицајем горњег и доњег дела *m. trapezius-a* и доњег дела *m. serratus anterior-a*, при чему доњи угао лопатице клизи напред, ка пазушној јами. Привођење подигнуте руке врши усходни рамени сноп и земљина тежа. Под утицајем земљине теже рука, подигнута до хоризонтале врши притисак на лопатицу у смислу померања њеног доњег угла ка кичменом стубу. Дејству земљине теже на руку и лопатицу супротстављају се средњи део *m. trapezius-a*, доњи део *m. serratus anterior-a* и *m. teres major*.

Увртање руке односно унутрашњу ротацију врши *m. subscapularis* уз помоћ *m. latissimus dorsi-a*, *m. pectoralis major-a* и *m. teres major-a*. Ако је рука подигнута помоћни увртачи су без икаквог утицаја, јер одмах врше абдукцију. Увртачи руке су снажнији од њених извртача и њихово дејство помаже земљина тежа.

Извртање руке, односно спољашњу ротацију врши углавном *m. supraspinatus*. Да би његово дејство било ефикасније, лопатицу фиксирају и повлаче ка кичменом стубу *m. rhomboideus* и средњи део *m. trapezius-a*. Укупна екскурзија увртања руке у раменом зглобу износи око 120°.

За дејство рамених мишића најповољнији је положај абдукција раменице за око 30°. Овај положај заузима рука нормално при раду. У њему је такође најповољнија анкилоза раменог зглоба, јер спојеве раменог појаса омогућују најнужније покрете руке, чије приљубљивање уз тело омогућује лопатица, која се својим доњим углом помера ка кичменом стубу.

Мишићи надлакти

Мишићи надлакти подељени су раменицом и међумишићним преградама на предњу и задњу групу.

У предњој групи се налазе 3 мишића:

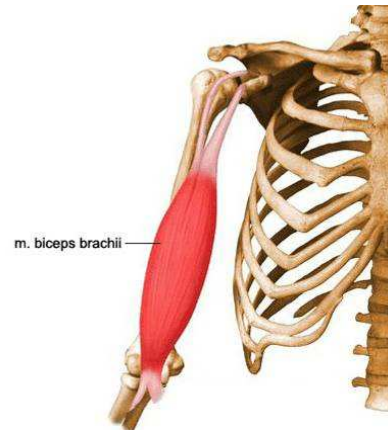
1. Двоглави мишић надлакти (*m. biceps brachii*),
2. Кљунасто-раменични мишић (*m. coracobrachialis*),
3. Надлаткати мишић (*m. brachialis*),
(од којих су први и последњи главни прегибачи зглоба лакта).

У задњој групи налази се:

1. Троглави мишић надлакти (*m. triceps brachii*).

1. **Двоглави мишић надлакти** (*m. biceps brachii*) и надлактични мишић су главни прегибачи лакта. Двоглави мишић има **дугу** (*caput longum*) и **кратку главу** (*caput breve*). Тетива дуге главе налази се у зглобу рамена, а кратка глава полази с врха лопатице и силази медијално од дуге главе, спаја се с њоме и образује вретенасто тело, које се на свом доњем крају сужава и наставља снажном тетивном врпцом. Тетива двоглавог мишића својом главним делом завршава се на задњем делу жбичне кврге.

Дејство: Двоглави мишић је прегибач и супинатор подлакти, а својим главама, а зглобу рамена помаже при подизању руке напред и упоље. Флексију подлакти врши већом снагом ако су његове главе забацивањем руке назад истегнуте у зглобу рамена. За његово дејство на зглоб лакта најповољнији је положај када је подлакти у флексији, под углом од 90°

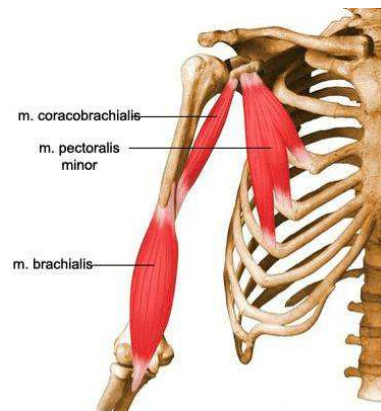


2. **Кљунасто-раменични мишић** (*m. coracobrachialis*) полази од врха *processus coracoideus*-а и силази најпре приљубљен уз унутрашњу ивицу кратке главе *m. biceps brachii*-а. затим се подвлачи иза ње и завршава на средњем делу унутрашње стране раменице.

Дејство: Подиже надлакти напред и унутра.

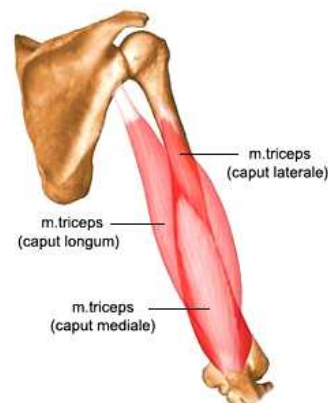
3. **Надлактични мишић** (*m. brachialis*) полази са предњих страна доње половине рамене кости и завршава се снажном тетивом на предњој страни лактице (улне).

Дејство: Прегипа подлакти.



4. **Троглави мишић надлакти** (*m. triceps brachii*) има три главе: дугу, спољну и унутрашњу. Дуга глава полази са лопатице, а остале две са задње стране рамене кости. Мишићни снопови ове три главе улазе у снажну тетивну плочу, која се завршава на врху олекранона лактице (улне).

Дејство: Опружач подлакти.



Слика 65. Мишићи надлакти (предња и задња група)

Дејство мишића надлакти

Прегибачи у зглобу лакта су двоструко јачи од опружача, јер је њихова контракција скоро увек против дејства земљине теже. У прегипаче подлакти, поред *m. biceps brachii* и *m. brachialis*-а, долазе још и три мишића из подлакти: *m. brachioradialis*, *m. extensor carpi radialis longus* и *m. pronator teres*. Прегипачи подлакти укрштају се испред зглоба лакта својим крајевима. Својом контракцијом они, поред флексије у зглобу лакта, растеређују кости руке и супротстављају се

силама које теже да их савију и преломе. *M. brachioradialis* пребацује са жбице терет на раменицу, коју истовремено повлачи напред, супротстављајући се силама истезања дуж њене задње стране при флексији подлактица. *M. biceps brachii* при својој контракцији кратком главом растеређује раменицу, преносећи притисак и истезање са жбице на кљунасти наставак лопатнице.

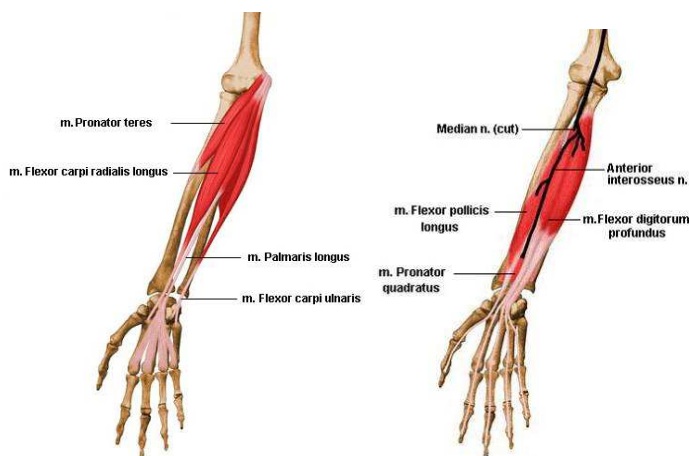
Опружање подлактица врши обично сама *земљина тежа*. Активни опружач подлактица једино је *m. triceps brachii*.

Мишићи подлактица

Мишићи подлактица образују три функционалне групе (ложе):

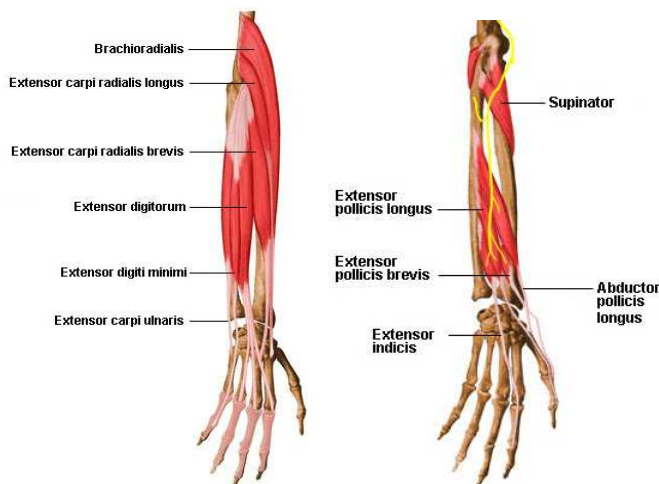
А. Предња група (ложа), која има 8 мишића, од којих су два пронатора подлактица, а остали флексори ручја и прстију.

1. Обли увртач (*m. pronator teres*)
2. Спољни прегибач ручја (*m. flexor carpi radialis*)
3. Дуги длански мишић (*m. palmaris longus*)
4. Унутрашњи прегибач ручја (*m. flexor carpi ulnaris*)
5. Површни прегибач прстију (*m. flexor digitorum superficialis*)
6. Дубоки прегибач прстију (*m. flexor digitorum profundus*)
7. Дуги прегибач палца (*m. flexor pollicis longus*)
8. Четвртасти увртач подлактица (*m. pronator quadratus*)



Б. Спољна група (ложа), која има два спољна екстензора ручја и два супинатора подлактица.

1. Раменично жбични мишић (*m. brachioradialis*)
2. Дуги спољни опружач ручја (*m. extensor carpi radialis longus*)
3. Кратки спољни опружач ручја (*m. extensor carpi radialis brevis*)
4. Извртач подлактица (*m. supinator*)



В. Задња група (ложа), која има 8 мишића, који су екстензори ручја и прстију шаке.

1. Опружач прстију шаке (*m. extensor digitorum*)
2. Опружач малог прста (*m. Extensor digiti minimi*)
3. Унутрашњи опружач ручја (*m. extensor carpi ulnaris*)
4. Лакатни мишић (*m. anconeus*)
5. Дуги одводицац палца (*m. abductor pollicis longus*)
6. Кратки опружач палца (*m. extensor pollicis brevis*)
7. Дуги опружач палца (*m. extensor pollicis longus*)
8. Опружач кажипрста (*m. extensor indicis*)

Слика 66. Мишићи подлактица

Мишићи подлакти својим горњим крајевима припајају се углавном на чворовима доњег краја раменице и на горњем делу лактице. Својим доњим крајевима пронатори и супинатори завршавају се на спољној и предњој страни збуце, а флексори и екстензори на предњој или задњој страни база костију доручја и чланака прстију. Флексори и екстензори ручја и прстију имају дуге тетиве, које снагу контракције преносе на шаку, не повећавајући битно њен волумен, што је од великог значаја за прецизност и суптилност при њеном раду.

Дејство мишића подлакти

Мишићи подлакти су добили називе углавном према својој основној функцији. Они врше покрете **супинације** и **пронације** подлакти и **покрете шаке и прстију**.

Супинацију подлакти врше *m. supinator* и *m. biceps brachii*, а његову пронацију - *m. pronator teres* и *m. pronator quadratus*. *M. flexor carpi radialis*, *m. brachioradialis* и *m. extensor carpi radialis longus* делују као помоћни супинатори или пронатори у зависности од положаја зглоба лакта и од положаја подлакти. Ако је зглоб лакта у флексији, а подлакт у пронацији, ови мишићи делују као помоћни супинатори, а у обрнутом случају - као пронатори. Увртачи су јачи од извртача и због тога подлакат у опуштеном стању заузима положај пронације.

Поред тога, на опуштену руку у смислу њене пронације делује и **земљина тежа**. Најповољнији положај за пронацију и супинацију подлакти је полуплексија зглоба лакта, положај који рука увек заузима при раду.

Мишићи шаке

У **доручју шаке**, поред више тетива флексора и екстензора мишића подлакти, налази се велики број ситних мишића који учествују у многобројним покретима прстију. Ови ситни мишићи на предњој страни доручја групишу се у три групе (ложе): *а. Спољну групу (ложу)*; *б. Средњу групу (ложу)*; *в. Унутрашњу групу (ложу)*

Мишићи спољне и унутрашње групе образују 2 бочна узвишења длана:

1. Узвишење палца (*eminentia thenaris*) или **тенар** налази се на спољашњем делу длана.

2. Узвишење малог прста (*eminentia hypothenaris*) или **хипотенар** насупрот њему, је на унутрашњем делу длана.

Дејство мишића шаке

Кратки мишићи шаке врше покрете прстију заједно са другим екстензорима и флексорима који долазе из подлакти. Опружање прстију уз истовремено њихово одвођење од средње линије шаке врше екстензори прстију и палца.

РУКА КАО ЦЕЛИНА

Усправљање човека ослободило је руку грубог рада, да би могла да служи човеку као ослонац при кретању, вршећи многобројне прецизне покрете под контролом ока и највиших центара коре великог мозга.

Рука својим мишићним системом са мишићима тела образује функционалну целину, која има три основне улоге:

1. Да служи као орган за рад и хватање,
2. Да регулише и покреће оруђа и машине,
3. Да служи телу као ослонац код појединих ставова и различитом кретању.

Осим тога рука својим балансирањем помаже одржавању равнотеже при ходу трчању и бацању, а пантомимичним покретима изражава различита осећања човека. При појединим ствовим или кретању рука служи и као ослонац, односно врши функцију коју је имала пре усправљања човека.

4. Мишићи доњег уда (Ноге)

Мишићи доњег уда се деле на:

1. **МИШИЋЕ БЕДРА (бедрени мишићи)**
2. **МИШИЋЕ БУТА (бутни мишићи)**
3. **МИШИЋЕ ПОДКОЛЕНИЦЕ (подколенични мишићи)**
4. **МИШИЋЕ СТОПАЛА**

У функционалном погледу они образују два система, који се повезују у зглобу колена, допуњују и омогућавају основну улогу ноге: да телу служи као орган за ослонац и кретање, а то су:

- **Проксимални (бедрени и бутни мишићи)**
- **Дистални (мишиће подколенице и стопала)**

Мишићи бедра

Бедрени мишићи повезују горњи крај бутне кости са костима карличног прстена и костима слабинског дела кичменог стуба. Они су карличном кости подељени у две групе:

Унутрашња група	Спољна група
Слабинско бедрени мишић (<i>m. iliopsoas</i>)	Површни слој
	Велики седални мишић (<i>m. gluteus maximus</i>)
	Затезач бутне фасције (<i>m. tensor fasciae latae</i>)
	Средњи слој
	Средњи седални мишић (<i>m. gluteus medius</i>)
	Дубоки слој
	Мали седални мишић (<i>m. gluteus minimus</i>)

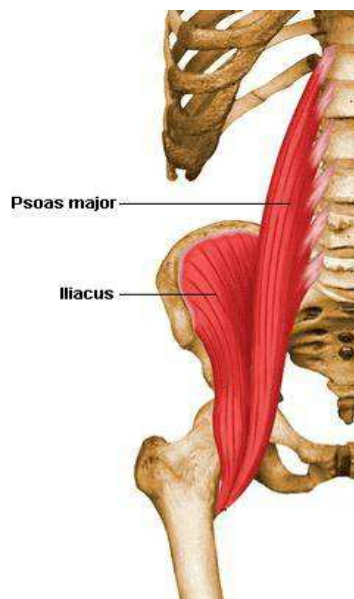
Табела 3. Мишићи бедра - подела

Слабинско бедрени мишић (*m. iliopsoas*) је састављен од два мишића:

- а. **Бедрени мишић (*m. iliacus*)** припада се у унутрашњој јами карличне кости.
- б. **Велики слабински мишић (*m. psoas major*)** полази од тела 12. грудног и прва четири слабинска пршљена и од попречних наставака свих слабинских пршљенова.

Оба мишића се спуштају, спајају са својим тетивама и завршавају на малом трохантеру бутне кости.

Дејство: Слабинско бедрени мишић (*m. iliopsoas*) је главни флексор (прегибач) зглоба кука. У зглобу кука снажно подиже бут и окреће га упоље или савија карлицу и слабински део кичменог стуба према фиксираној нози. Овај мишић је главни прегибач ноге при ходу.



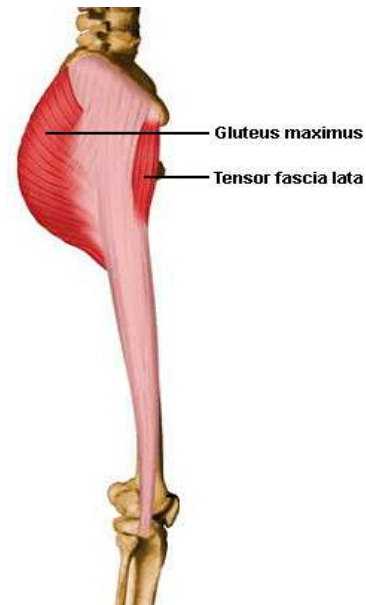
Слика 67. Бедрено слабински мишић (*m. iliopsoas*)

2. **Велики седални мишић** (*m. gluteus maximus*) полази од задњег дела бедрене кости и бочне ивице крсне кости, пружа се косо и упоље и завршава својом тетивом на седалном испупчењу бутне кости.

Дејство: Велики седални мишић је главни **екстензор** и **спољни ротатор** зглоба кука. Снажно повлачи бут назад и окреће га упоље. Ако је нога фиксирана тада усправља карлицу и труп и окреће их на супротну страну. При скакању или устајању из седећег положаја својом контракцијом осигурава зглоб кука у екстензији и спречава падање трупа и карлице напред.

3. **Затезач бутне фасције** (*m. tensor fasciae latae*) кратак и пљоснат мишић, који силази од предње горње бедрене бодље, настава се тетивом и преко бедрено голењачког снопа долази до спољњег кондила голењаче.

Дејство: Затезе бутну фасцију, прегива бут и нагиње карлицу напред. Такође помаже покрет одвођења у зглобу кука и опружања у зглобу колена.



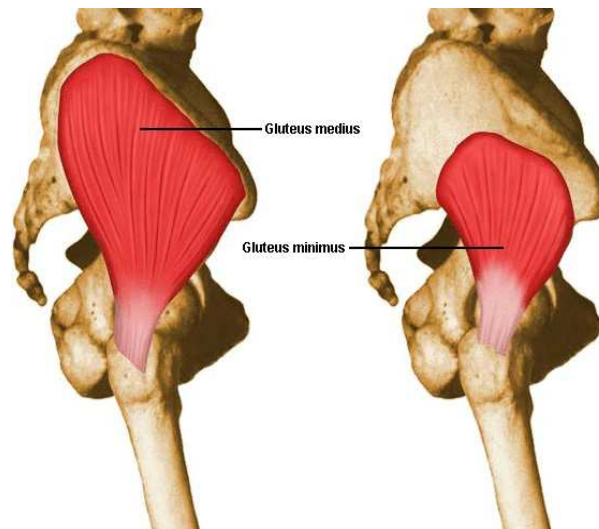
Слика 68. Велики седални мишић (*m. gluteus maximus*)

4. **Средњи седални мишић** (*gluteus medius*) је облику лепезе, чији је шири део окренут на горе. Полази са спољне стране бедрене кости и завршава се снажном тетивом на спољној страни великог трохантера.

Дејство: Овај мишић је главни абдуктор зглоба кука, који снажно **одводи** бут или нагиње карлицу упоље према фиксираној нози. Његови предњи снопови делују као прегивачи и увртачи, а задњи као опружачи и извртачи бута. Има важну улогу при ходу, пошто фиксира карлицу уз стајну ногу

5. **Мали седални мишић** (*m. gluteus minimus*) полази са спољне стране бедрене кости и завршава се тетивом на предњој ивици великог трохантера бутне кости.

Дејство: доминантно врши унутрашњу ротацију или увртање у зглобу кука. Остала дејства су као код средњег седалног мишића.



Слика 69. Средњи седални мишић (*m. gluteus medius*) и Мали седални мишић (*m. gluteus minimus*)

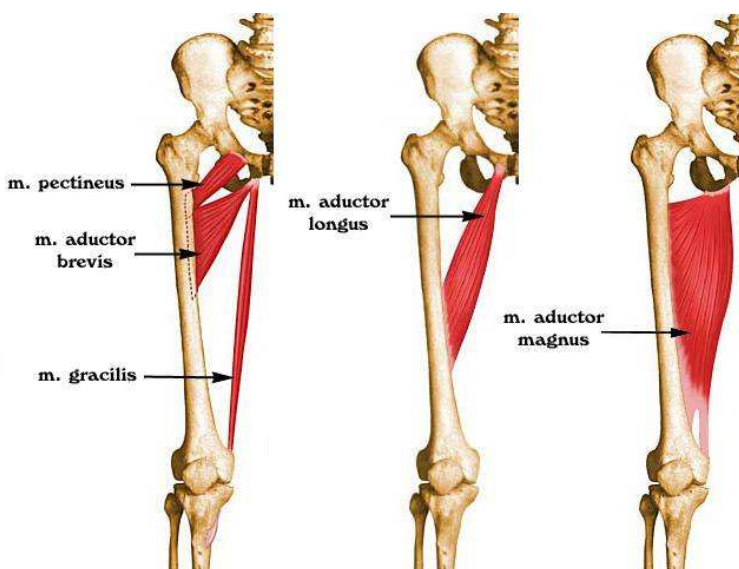
Мишићи бута (Натколенице)

Мишићи бута или натколенице обавија снажни омотач - фасција (*fascia lata*) и деле се у три групе:

А. Унутрашња група мишића

Мишићи ове групе су снажни адуктори (приводиоци) бута. Својим горњим крајем окружују зглоб кука у виду лепезе, па зато својим предњим деловима делују као флексори бута, а задњим деловима као екстензори бута. Припајају се својим горњим крајем на препонској и седалној кости, а доњим крајем дуж хрпаве линије бутне кости.

1. ***Чешљасти мишић (m. pectineus)***
2. ***Мишић дуги привођилац (m. adductor longus)***
3. ***Мишић кратки привођилац (m. adductor brevis)***
4. ***Мишић велики (m. adductor magnus)***
5. ***Витки мишић (m. gracilis)***



Слика 70. Мишићи унутрашње групе бута

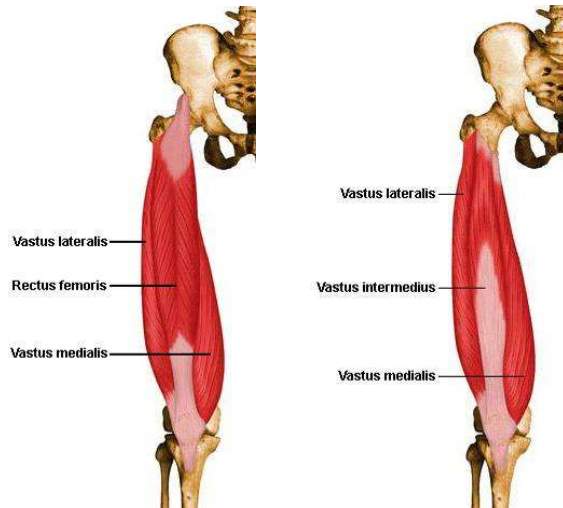
Б. Предња група мишића

Мишићи ове групе врше екстензију у зглобу колена а поједини помажу флексију у зглобу кука.

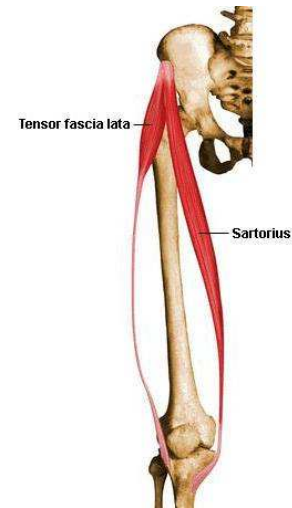
б. Четвороглави мишић бута (*m. quadriceps femoris*) се састоји из четири мишића, који се својим тетивама на доњем крају сустичу код базе чашице и настављају њеном тетивом до испупчења голењаче. Он је веома снажан екстензор (опружач) подколенице. Горњим припојем који прелази преко зглоба кука, прави бутни мишић у зглобу кука делује делује као помоћни флексор бута (натколенице).

- а. Прави бутни мишић (m. rectus femoris)*
- б. Средњи стегнени мишић (m.vastus intermedius)*
- в. Унутрашњи стегнени мишић (m.vastus medialis)*
- г. Спољни стегнени мишић (m.vastus lateralis)*

7. **Терзијски мишић** (*m. sartorius*). Има облик дуге траке, која полази од *spina iliaca anterior superior* и пружа се косо надоле и унутра предњом страном бута и својом тетивом завршава се на голењачи.



Слика 71. Четвороглави мишић бута (*m. quadriceps femoris*)

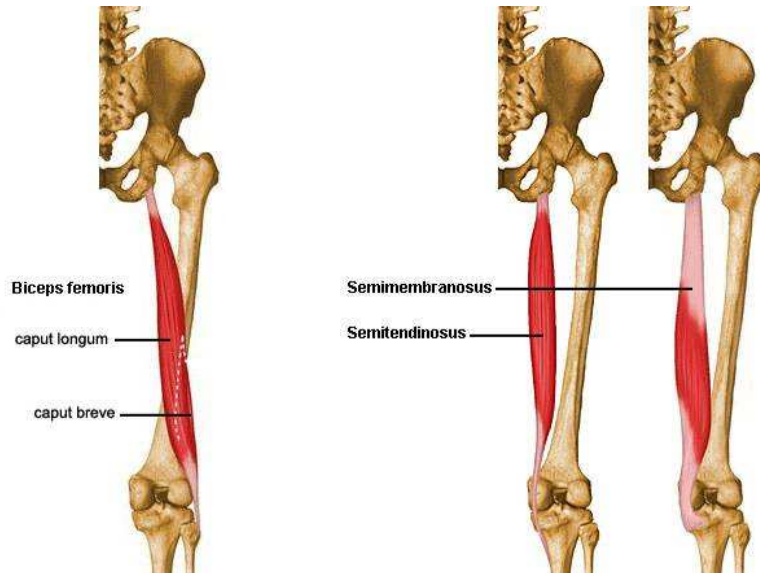


Слика 72. Терзијски мишић (*m. sartorius*)

V. Задња група мишића

Повезују седалну квргу карличне кости са горњим крајевима костију потколенице. Врше флексију у зглобу колена, а екстензију у зглобу кука.

1. **Двоглави мишић бута** (*m. biceps femoris*)
2. **Полужилави мишић** (*m. semitendinosus*)
3. **Полупнасти мишић** (*m. semimembranosus*)



Слика 73. Мишићи задње групе бута

БЕДРЕНИ И БУТНИ МИШИЋИ КАО ЦЕЛИНА

Бедрени и бутни мишићи образују заједно веома снажан мишићни систем који у облику шупље кугле окружује зглоб кука и регулише његову статику и динамику. Ови мишићи својом контракцијом регулишу покрете бута или балансирање карлице око главе бутне кости.

Покрете ноге у зглобу колена врше двозглобни бедрени и бутни мишићи, који повезују карличну кост с горњим деловима потколенице (голењачом и лишњачом). Покрети у зглобу колена зависе у великој мери и од дејства силе земљине теже.

Мишићи потколенице

Мишићи потколенице се углавном припајају у горњем делу костура потколенице и својим дугим тетивама силазе према стопалу, на чијим костима се се завршавају. Својим контракцијама врше покрете стопала, а својим својим везама одржавају свод стопала и служе телу као еластичан ослонац и као „еластична опруга“ при ходу одбацују тело напред. Мишићи потколенице су подељени у три групе: *Предњу, Спољну и Задњу*.

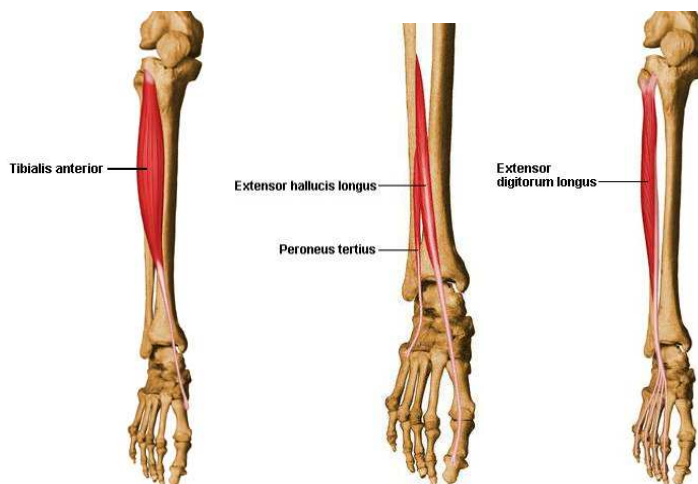
Предња мишићна група	Спољна мишићна група	Задња мишићна група	
Предњи голењачни мишић (<i>m. tibialis anterior</i>)	Дуги лишњачни мишић (<i>m. peroneus longus</i>)	Површини слој мишића	
Дуги опружач палца (<i>m. extensor hallucis longus</i>)	Кратки лишњачни мишић (<i>m. peroneus brevis</i>)	Троглави мишић (<i>m. triceps surae</i>)	
Дуги опружач прстију (<i>m. extensor digitorum longus</i>)		Двоглави лисни мишић (<i>m. gastrocnemius</i>)	Листолики мишић (<i>m. soleus</i>)
		Дубоки слој мишића	
		Затколени мишић (<i>m. popliteus</i>)	
		Задњи голењачни мишић (<i>m. tibialis posterior</i>)	
		Дуги прегибач палца (<i>m. flexor hallucis longus</i>)	
		Дуги прегибач прстију (<i>m. flexor digitorum longus</i>)	

Табела 4. Мишићи потколенице - подела

А. Предња мишићна група

1. Предњи голењачни мишић
(*m. tibialis anterior*)
2. Дуги опружач палца
(*m. extensor hallucis longus*)
3. Дуги опружач прстију
(*m. extensor digitorum longus*)

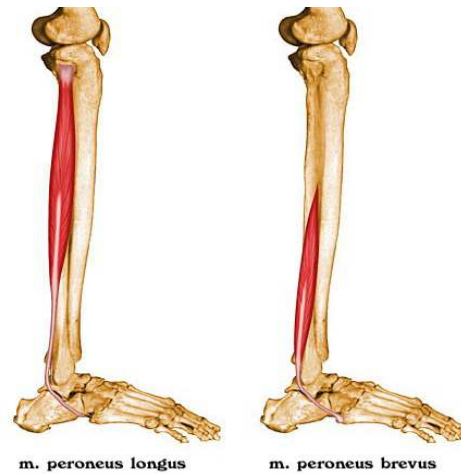
Основна функција ових мишића је дорзална флексија стопала и опружање прстију.



Слика 74 . Мишићи потколенице - предња група

Б. Спољна мишићна група

1. Дуги лишњачни мишић
(*m. peroneus longus*)
2. Кратки лишњачни мишић
(*m. peroneus brevis*)



Слика 75. Мишићи потколенице - спољна група

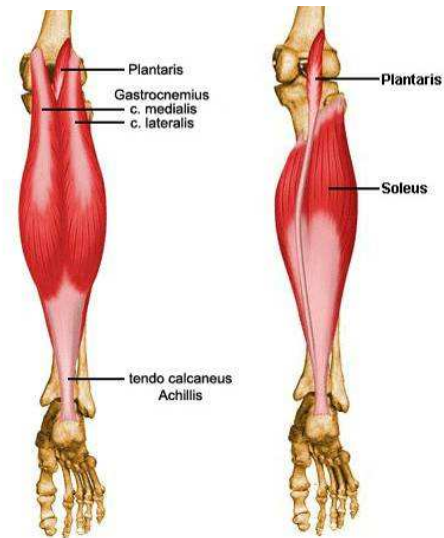
В. Задња мишићна група

Мишићи задње групе потколенице распоређени су у два слоја:

Поврнини слој мишића

Троглави мишић (*m. triceps surae*) је главни (најјачи) плантарни флексор стопала, чији предњи део обара надоле или подиже пету и цело тело на прсте. Осим тога делује и као супинатор стопала. Дејство овог мишића је велико и значајно приликом **ходања, трчања и скакања**. Састоји се из два мишића:

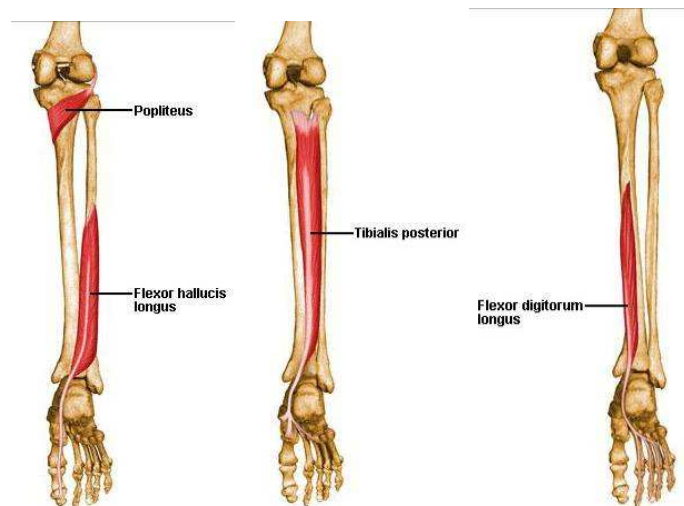
- Двоглави лисни мишић (*m. gastrocnemius*)
- Листолики мишић (*m. soleus*)



Слика 76. Троглави мишић потколенице (*m.gastrocnemius et m. soleus*)

Дубоки слој мишића

1. Затколени мишић (*m. popliteus*)
2. Задњи голењачни мишић (*m. tibialis posterior*)
3. Дуги прегибач палца (*m. flexor hallucis longus*)
4. Дуги прегибач прстију (*m. flexor digitorum longus*)



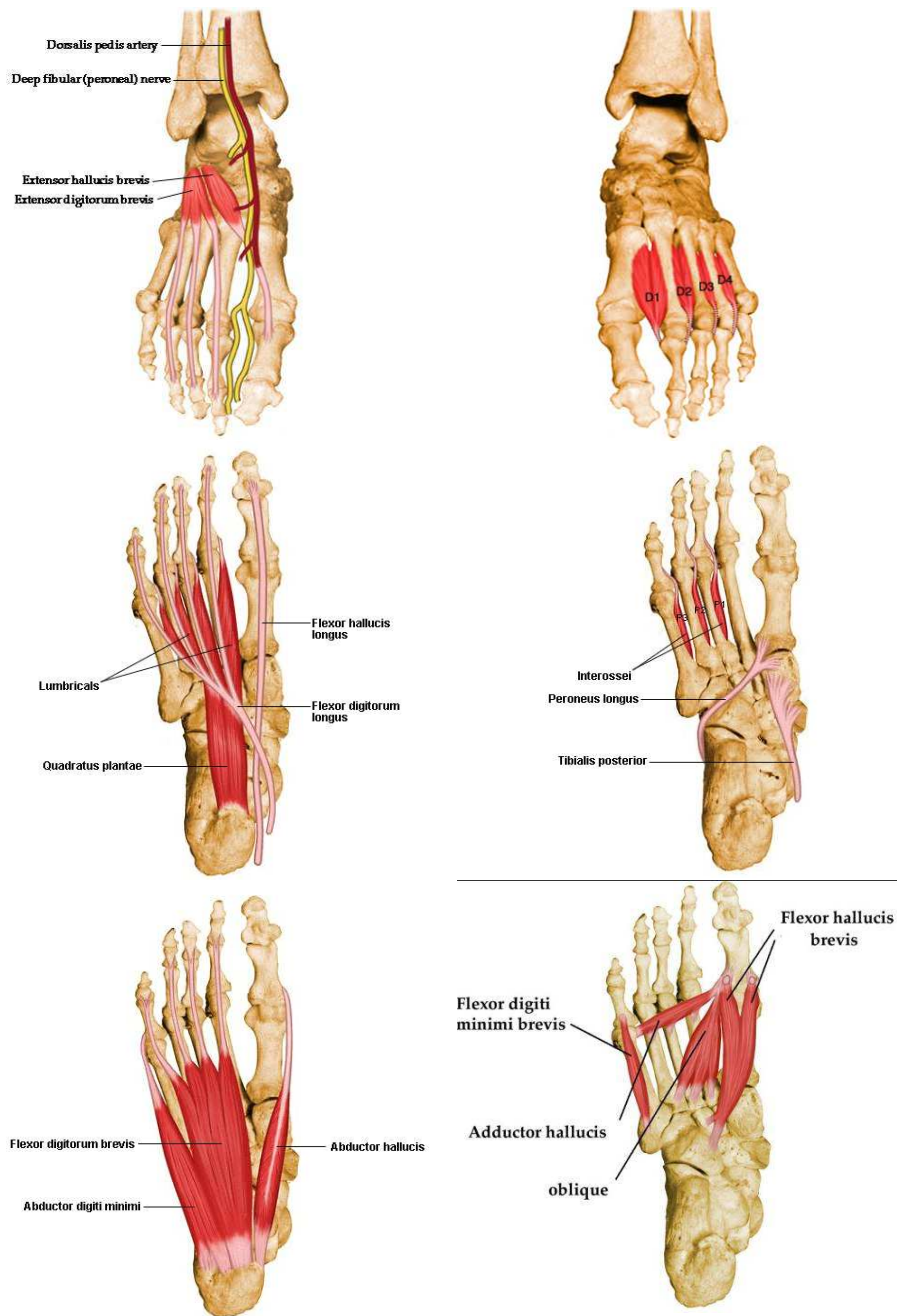
Слика 77. Мишићи задње групе потколенице (дубоки слој)

Мишићи стопала

Мишићи стопала су добро развијени и имају улогу као активне везе сводова стопала. Они се деле на:

А. Дорзалне мишиће стопала

Б. Плантарне мишиће стопала



Слика 78. Мишићи стопала

Мишићи потколенице у горњем и доњем скочном зглобу покрећу стопало или потколеницу, у зависности да ли је нога слободна или фиксирана. Заједно са плантарним мишићима делују као тензори свода стопала.

Покрети прстију, које врше мишићи потколенице и мишићи стопала, једино су од значаја што при ходу помажу одлужљивање стопала од подлоге и његово одбацивање напред у виду еластичне опруге.

Попречна осовина горњег скочног зглоба раздваја тетиве мишића предње ложе од тетива мишића спољне и задње ложе потколенице. Мишићи предње ложе потколенице (*m. tibialis anterior*, *m. extensor digitorum longus*, *m. extensor hallucis longus*, *m. peroneus tertius*) су **дорзални флексори** - подижу предњи део стопала. Ако је стопало фиксирано, као ослонац телу, они прегинају потколеницу - савијају је напред или својим затезањем спречавају покрет супротног смера и падање тела назад.

Код ненавикнутих особа напоран рад при ходу по стрмим теренима или при скијању изазива убрзо јак бол на предњој страни потколенице, нарочито у пределу *m. tibialis anterior-a*, најјачег дорзалног флексора.

Мишићи задње и спољне групе потколенице, чије тетиве силазе иза попречне осовине горњег скочног зглоба врше **плантарну флексију** стопала. Они снажно обарају предњи део стопала или подижу његов задњи крај заједно са целим телом. Ако је стопало фиксирано, они вуку потколеницу назад, или својим затезањем спречавају њено савијање напред и падање тела. Плантарни флексори су око четири пута снажнији од дорзалних флексора, јер скоро увек делују против земљине теже. Најјачи плантарни флексори су: *m. triceps surae*, *m. flexor hallucis longus* и *m. peroneus longus*.

Мишићи потколенице, у односу на осовину покрета доњег скочног зглоба, деле се у **пронаторе** и **супинаторе** стопала.

У **пронаторе стопала**, чије тетиве силазе латерално од косе осовине доњег скочног зглоба, спадају мишићи спољне и предње ложе потколенице, изузев *m. tibialis anterior-a*, који је супинатор. Од пронатора стопала најјачи су *m. peroneus longus* и *m. peroneus brevis*. При ходу они подижу спољну ивицу и предњи крај стопала. Код става на једној нози пронатори савијају потколеницу уопље и напред, или својим затезањем спречавају њен покрет супротног смера и падање тела.

У **супинаторе стопала** спадају мишићи задње групе потколенице и *m. tibialis anterior* из предње групе. Као супинатори стопала ређају се по јачини: *m. triceps surae*, *m. flexor hallucis longus*, *m. flexor digitorum longus*, *m. tibialis posterior* и *m. tibialis anterior*. Супинатори стопала су три пута јачи од својих антагониста - од пронатора, јер делују увек против земљине теже. При ходу они подижу унутрашњу ивицу стопала, олакшавају његово одвајање од подлоге и одбацивање напред.

5. ОРГАНИ (СПЛАНХНОЛОГИЈА)

Утроба (*viscera*) је заједнички назив за органе:

- I. ПРИБОРА ЗА ВАРЕЊЕ,
- II. ПРИБОРА ЗА ДИСАЊЕ,
- III. МОКРАЋНО-СПОЛНОГ ПРИБОРА

Она је смештена у органском простору главе, врата и трупа. Њена улога је вегетативна, омогућује метаболизам човека, тј. хемијску прераду или промет хранљивих материја.

Утробни органи су цеволики и повезани међусобно, образују канале при-бора (трактусе), кроз које пролазе хранљиве материје, њихови продукти и заостаци. Трактуси увек комуницирају са спољном средином, јер се једним или с оба своја краја отварају на површини човечјег тела.

Цеволиким органима утробе придодате су жлезде са спољашњим лучењем, које својим продуктима, секретима, врше хемијску прераду хранљивих материја.

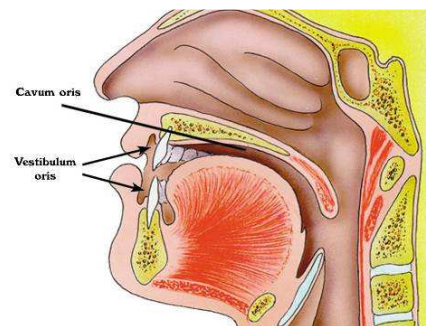
У грудној и трбушној дупљи површину органа утробе покрива делимично или потпуно серозна опна. На сваком цеволиком органу утробе, идући од његове шупљине уопће, разликују се три основне опне: слузокожна (*tunica mucosa*), мишићна (*tunica muscularis*) и везивна (*tunica fibrosa s. adventitia*).

ПРИБОР ЗА ВАРЕЊЕ (*APPARATUS DIGESTORIUS*)

Прибору за варење припадају:

1. усна дупља,
2. ждрело,
3. једњак,
4. желудац,
5. танко црево,
6. дебело црево,
7. јетра,
8. гуштерача.

I. Усна дупља (*cavum oris*) је почетни проширени део пробавног канала, којој су придодати посебни органи, пљувачне жлезде, зуби и језик. Епител слузокоже поред заштитне улоге има и ресорптивну моћ. Његова ресорптивна моћ се користи за давање неких лекова, нарочито оних чије би дејство при пролазу кроз пробавни канал и јетру било уништено.



Слика 79. Усна дупља

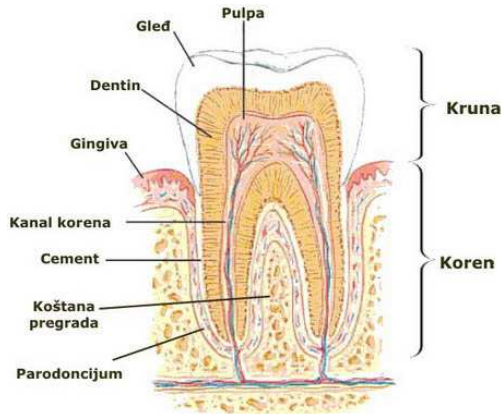
Она је зубним луковима подељена у два дела на:

- **Предворје (*vestibulum oris*)** је пукотинасти простор који се налази периферно од зубних лукова и ограничено је напред уснама, а бочно образима.
- **Усну дупљу (*cavum oris proprium*)**, која је одвојена од носне дупље непцима и повезана је са ждрелом преко свог задњег отвора, који се назива **ждрелно сужење (*isthmus faucium*)** је уствари задњи отвор усне дупље и ограничено је задњим делом меког непца, непчаним луцима и кореном језика.

а. Пљувачне жлезде (*glandulae oris*) луче секрет пљувачку (*saliva*) који разmekшава залогaj и започиње варење угљених хидрата.

б. Зуби (*dentes*) су усађени у алвеоле зубних наставака вилица и образују два параболична лука: **горњи и доњи**. Код човека они избијају у току живота два пута. Најпре се јављају 20 несталних, **млечних зуба (*dentes decidui*)**, а затим избијају 32 **стална зуба (*dentes permanentes*)**. Њихова је улога да залогaj одсеку или откину и да га иситне.

У једној полувилицы, идући од средње, мезијалне линије упоље и назад, налазе се: **два секутића (1-2), један очњак (3), два преткутњака (4-5) и три кутњака (6-8)**, укупно осам.

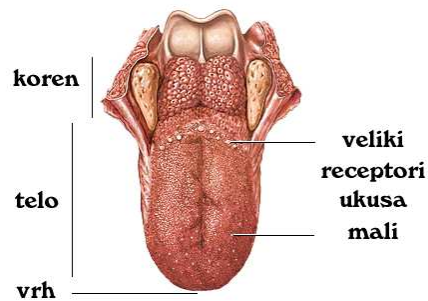


Слика 80. Грађа зуба (попечни пресек)

На сваком зубу разликују се: **корен (*radix dentis*)** представља део зуба који је усађен у алвеолу зубног наставака вилице, **врат зуба (*collum dentis*)** покривен је слузокозом, **круница (*corona dentis*)** представља слободни део, који иштрчи у усној дупљи и **зубна дупља** која се наставља каналом кроз корен и на његовом врху завршава отвором.

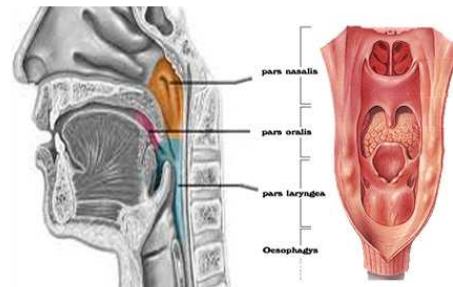
Стални зуби према облику и својој функцији деле се на: **секутиће (*incisivi*)**, **очњаке (*canini*)**, **преткутњаке (*premolares*)** и **кутњаке (*molars*)**.

в. Језик (*lingva*) је пљоснати слузокожни-мишићни орган који је веома покретљив и лако мења свој облик. Он помаже при говору, жвакању и гутању. У слузокожи горње стране језика смештени су рецептори чула укуса. На језику се разликује: **корен (*radix*)**, **тело (*corpus*)** и **врх (*apex*)**.



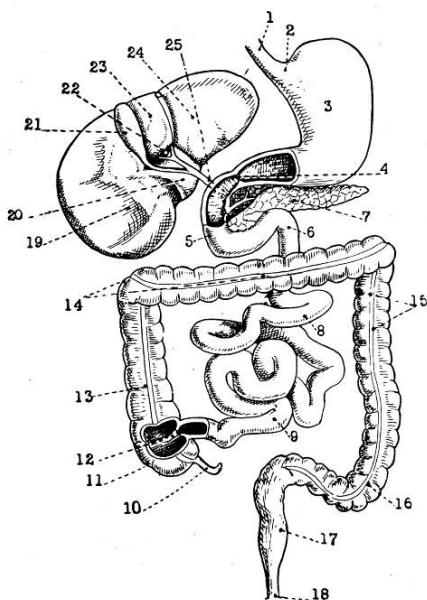
Слика 81. Језик (*lingva*)

2. Ждрело (*pharynx*) је заједнички орган прибора за варење и дисање, који се пружа испред кичменог стуба од базе лобање до 6. вратног пршљена и наставља једњаком. Његов завршетак удаљен је од базе лобање и од предњих зуба око 15 цм. Ждрело има облик мишићно-опнастог олука, који је постављен вертикално иза носне и усне дупље и гркљана.



Слика 82. Ждрело (*pharynx*)

Његова дупља, у односу према отворима органа који леже испред, подељена је у три спрата: носни, усни и гркљански. На горњем зиду носног спрата, односно на своду ждрела налази се „**трехи**“ или ждрелни **крајник (*tonsilla pharyngea*)**, који је исте грађе као и непчани крајник. Он је добро развијен углавном само код деце. Ако је он код деце увећан, тада су дисање и говор (фонација) отежани. На бочном зиду носног спрата ждрела налази се ждрелни отвор слушне трубе, преко кога се вентилирају шупљине средњег уха.



- Једњак (1),**
Cardia (2),
Желудац (3),
Pylorus(4),
Дванаестопалачно црево (5),
Flexura duodenojejunalis (6),
Панкреас (7),
Празно црево (8),
Усукао црево (9),
Црвуљак (10),
Слепо црево (11),
Ostium ileocaecate (12),
Colon ascendes (13),
Colon transversum (14),
Colon descendes (15),
Colon sigmoideum (16),
Чмарно црево (17),
Чмар (18),
Јетра (hepar) (19-25).

Слика 83. Прибор за варење

3. Једњак (*oesophagus*) је мишићно-слизочно канал, дуг око 25 см, којим силази залогај од ждрела до желуца. Он се налази испред кичменог стуба, од 6. вратног до 10. или 11. грудног пршљена и силази најпре кроз врат, затим кроз задњи део средогруђа и најзад, пошто прође кроз свој отвор на пречаги, завршава се после пута од 2-3 см с улазним отвором желуца. Његов почетак удаљен је од предњих зуба 15 см, а завршетак око 40 см.

4. Желудац (*ventriculus s. gaster*) Желудац је најшири део пробавног канала, резервоар капацитета око 1200-1500 см³, који залогаје из једњака скупља и почиње да вари, меша их, претвара у кашу и постепено убацује у почетни део танког црева - *duodenum*. Он се налази у својој ложи, одмах испод пречаге и левог режња јетре. Његов облик и величина су јако променљиви, у зависности од положаја човечијег тела и од количине унете хране.

Осредње испуњени желудац у стојећем ставу заузима свој основни облик, у виду вертикално постављене удице, дужине око 25 см, ширине 10-20 см и дебљине 8-9 см. На њему се уочавају два дела, нисходни и хоризонтални.

Нисходни део (тело желуца) налази се улево од кичменог стуба. Силази косо надоле и напред од висине 10. или 11. грудног до висине 4. слабинског пршљена.

Хоризонтални или пилорични део пење се испред кичменог стуба удесно и назад и завршава код горње ивице првог слабинског пршљена **пилорусом**, који означава границу према дуоденуму. Он је у свом почетку широк и ограничава **предворје**, а затим се сужава и образује **канал**.

Зидови желуца су косо постављени. **Предњи зид** управљен је напред и навише, а **задњи** назад и надоле. Ивице желуца (десна и лева) су лучне и називају се мала и велика кривина желуца.

4. Танко црево (*intestinum tenue*) је мишићно-слизочно канал, дужине 5 м. који спроводи храну од желуца до почетног дела дебелог црева. Оно довршава варење хране, врши њену ресорпцију и непотребне њене заостатке убацује у дебело црево. На њему се разликују три дела: **дванаестопалачно црево (*duodenum*)**, **празно црево (*jejunum*)** и **усукао црево (*ileum*)**.

Непокретни део танког црева (дванаестопалачно црево) дуг је око 30 см, налази се испред прва три слабинска пршљена. Оно има облик потковице, чији конкавитет, окренут улево, обухвата главу панкреаса.

Покретни део танког црева (празно црево и усукао црево) почиње од дуодено-јејуналног угла, који лежи у

висини 2. слабинског приљена, и силази удесно до десне бедрене јаме, где се завршава својим ушћем у **слепо црево** (*ostium ileocaecale*). Он је дуг око 5 м, од чега горње 2/5 припадају јејунуму а доње 3/5 илеуму. Од његове укупне дужине може се максимално одстранити 3 метра без опасности по живот.

5. Дебело црево (*intestinum crassum*) је завршни део канала за варење, дужине око 1,5 м, који прихвата из танког црева цревну кашу, одузима јој сувишну течност и претвара је у измет или фекалије. У ректум садржај доспе тек 16-24 часа након узимања хране.

Од места свог почетка, од десне бедрене јаме, оно се најпре пење до десног ребарног лука, затим иде попречно улево и од левог ребарног лука силази задњим трбушним зидом у малу карлицу, окружујући на тај начин скоро потпуно вијуге танког црева. На њему се разликују: слепо црево, црвуљак, сито црево и чмарно црево.

Слепо црево (сесит) налази се у десној бедреној јами и представља део дебелог црева, који се налази испод ушћа илеума. Оно је дуго и широко 7-8 см и скоро потпуно обавијено перитонеумом.

Црвуљак (appendix vermiformis) је наставак слепог црева. Његова је дужина је 7-8 см а ширина 5-10 мм. Он полази од унутрашњег зида слепог црева, на 2-3 см испод ушћа илеума, и нормално силази косо унутра и надолу.

Колон (colon) се пружа од *ileo-sekalnog* отвора цекума до горње ивице 3. крсног приљена, где се наставља у чмарно црево. Калибар колона, идући од цекума, опада постепено и при крају је упола мањи, око 3,5 см.

Чмарно црево (rectum) наставља сигмоидни колон од висине горње ивице 3. крсног приљена, силази кроз малу карлицу испред крсне и тртичне кости и завршава се на задњем делу међице чмаром (*anus*).

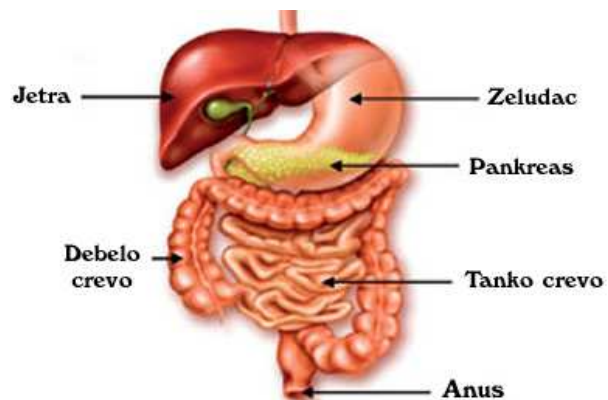
6. Јетра (*hepar*) је највећи паренхиматозни орган човечијег тела, тежине око 1500 гр, који се налази испод десне половине пречаге. Као жлезда са спољашњим и унутрашњим лучењем, она је за метаболизам најважнији орган и представља, у ствари, изванредно богато опремљену лабораторију човечијег тела, која врши многобројне функције. Њене ћелије, поред жучи, стварају многе инкрете и екскрете, које убацују у крвоток.

Поред тога, оне прерађују органске и неорганске хранљиве материје и регулишу њихово трошење и депоновање. Исто тако, оне уништавају или омогућују одстрањивање отрова, било да су унети споља или настали у телу услед пропадања појединих ћелија и ткива. Ове многобројне функције јетра је у стању да врши захваљујући својој богатој васкуларизацији. Њене ћелије се „купају у венској крви“ система *v. Portae*. Њихов секрет **жуч** одлази интрахепатичним и екстрахепатичним каналима у нисходни део.

7. Жучна бешика (*vesica fellea*) и њен изводни канал представљују споредне екстрахепатичне жучне путеве. Она има капацитет око 40 см³, скупља жуч и концентрише је одузимајући јој сувишну течност.

8. Гуштерача (*pancreas*) је жлезда са спољном и унутрашњом секрецијом, која је тешка 70-90 г и повезана својим изводним каналом са дуоденумом. Постављена је иза желуца, уз задњи трбушни зид, у виду широке попречне траке, на којој се разликују три дела (глава, тело и реп). Од њеног највећег дела - **главе** одваја се **кукасти наставак**.

Главни изводни канал, дебљине око 2 мм, пролази средином панкреаса све до његове главе, где савија надолу и обично се прикључује жучоводу, а ређе завршава посебним отвором у десцендентни део дуоденума. У висини места, где он савија надолу, прикључује му се споредни канал панкреаса, који се понекад отвара посебно у десцендентни део дуоденума. Изводним каналима панкреаса, у току њиховог пута, прикључују се под правим углом изводни каналићи његових режњића.



Слика 84. Прибор за варење

ПРИБОР ЗА ДИСАЊЕ (*APPARATUS RESPIRATORIUS*)

Прибор за дисање сачињавају **Дисајни путеви (горњи и доњи) (1) и Плућа (2).**

1. Дисајни путеви

- A. Горњи дисајни путеви** у које спада носна дупља и ждрело са усном дупљом - као помоћним путевима.
- Б. Доњи дисајни путеви** у које спада гркљан, душник и душнице са својим гранама.

A. Горњи дисајни путеви

а. Носна дупља (*cavum nasi*) је почетни, проширени део дисајних путева, коме су придодати параназални синуси и чуло мириса. Њена је улога да ваздух при уласку у дисајне путеве очисти од честица прашине, да га овлажи и загреје, и да контролише његов квалитет помоћу рецептора чула мириса, који су смештени у горњем делу њене слузокоже.

Носна дупља изазива на средини лица вертикално испупчење, **спољни нос (*nasus externus*)**, који представља једну од карактеристичних одлика човека. Њени коштани зидови продужују се унапред и надоле с меким делом спољног носа, који се састоји од коже и хрскавице.

*Носна дупља је сагиталном преградом подељена у две половине, које се напред отварају ноздрвама (*nares*), на доњем крају носа, а позади хоанама (*choanae*), на предњем зиду горњег спрата ждрела. Обе половине носне дупље су код свог пода широке 12-15 мм, а идући навише, сужавају се постепено. Код највишег дела њиховог крова, код ситасте плочице, оне су врло узане, свега 2-3 мм.*

Бочни зид носне дупље је од посебног интереса, јер се на њему налазе носне шкољке, носни ходници и отвори који воде у параназалне синусе. Носна преграда обично није равна већ гради мање или веће избочење према једној половини носне дупље, девијацију, која може да омета дисање. Девијација настаје услед неуједначеног раширења коштаног и хрскавичног дела носне преграде.

б. Ждрело и усна дупља су помоћни дисајни путеви. Описани су у претходном поглављу.

Б. Доњи дисајни путеви

а. Гркљан (*larynx*) је почетни део доњих дисајних путева и орган који ствара глас, налази се у висини 5. и 6. вратног пршљена, испред доњег спрата ждрела. Од свог улазног отвора на предњем зиду доњег спрата ждрела он силази кроз предњи део врата и наставља се душником. Његову дупљу (*cavum laryngis*) ограничавају слузокоза, хрскавице и попречнопругасти мишићи.

Гркљан је повезан и затегнут уз базу лобање и доњу вилицу индиректно преко подјезичне кости, натхиоидним мисићима и фиброеластичним везама. Он прати покрете главе и врата и при говору и гутању се подиже и спушта.

*Његово угласто испупчење на кожи предње стране врата код мушкараца, познато под именом **Адамова јабучица**, јавља се за време пубертета. као један од секундарних сексуалних обележја, при чему се истовремено гласне жице издужују и глас постаје дубљи (*mutatio*).*

б. Душник (*trachea*) је хрскавичасто-опнасти канал, дужине 10-12 см који наставља гркљан од висине доње ивице 6. вратног пршљена. Он силази испред једњака кроз врат и средњогруђе грудне дупље и у висини 5. грудног пршљена завршава се рачвањем у две гране, у леву и десну душницу (*bronchus principalis -sinister et dexter*).

в. Главне душнице (*bronchi*), десна и лева силазе од рачве душника ка хилусу одговарајућег плућног крила, заклапајући угао од 60-70%.

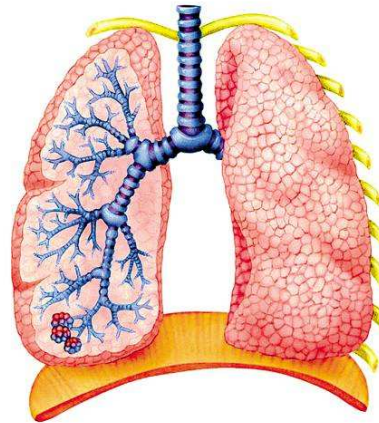
2. Плућа (*pulmonalis*)

Плућа су главни део прибора за дисање, велики паренхиматозни орган, у коме се венска крв претвара у артеријску. Они су органима средогруђа подељена у **два крила**, десно и лево (*pulmo dexter et sinister*). Њихова укупна тежина износи 1.200-1.300. грама. Сваком плућном крилу придодата је по једна серозна опна - **плућна марамица** (*pleura*) која омогућује његово клизање приликом дисања без икаквог трења.

Састав и грађа плућа. У састав плућног крила улазе: **паренхим, везивна строма, крвни судови и живци.**

а. Плућни паренхим граде душнице са својим гранама и плућни режњићи (*lobuli pulmonis*).

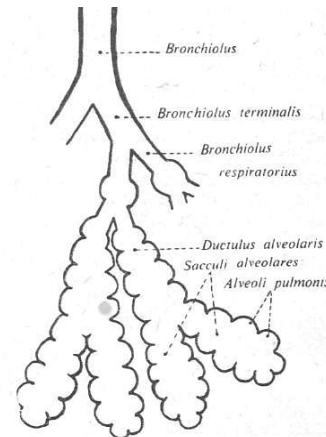
Главна душница, по уласку у плућно крило, силази косо надоле и упоље, ка задњем делу његовог доњег режња и образује **бронхијално стабло**, од кога се одвајају гране за **режњеве** и за **плућне сегменте**.



Слика 85. Плућа

Десна главна душница, по уласку у плућно крило, даје три лобарна бронха, горњи, средњи и доњи (*bronchus lobaris - superior, medius et inferior*), а лева главна душница само два, горњи и доњи (*bronchus lobaris - superior et inferior*). Лобарни бронхи се деле у сегменталне, којих на десној страни има 10-11, а на левој страни 8-9. Сегментални бронхи, пошто се поделе 4-5 пута, завршавају се душницама плућних режњица, бронхиолама, чији калибар износи 1 мм.

Плућни режњић је основна јединица грађе паренхима и има облик многостране пирамиде, величине око 1 см³. Кроз његов врх, који је управљен ка хилусу плућа, улази **бронхиола** (*bronchiolus*). Бронхиола се рачва дихотомично неколико пута и даје **респираторне бронхиоле** (*bronchioli respiratorii*), на којима се појављују прве **алвеоле** (*alveolus, alveoli-мн*), полулоптаста проширења њихових зидова.



Слика 86. Грађа плућног режњића

Респираторна бронхиола са својим гранама образује плућни ацинус, који је упола мањи од режњића. Она се рачва у **алвеоларне каналиће** (*ductuli alveolares*), чији се зидови састоје искључиво од алвеола. Сваки алвеоларни канал завршава се слепо с два алвеоларна кесицама, чији зидови се такође састоје искључиво од алвеола. Плућни режњићи се групишу и образују плућне сегменте.

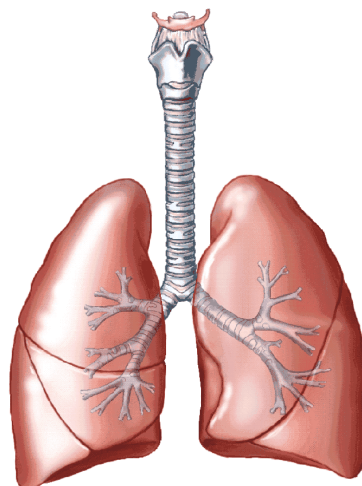
б. Везивна строма омотава плућне режњеве. Састоји се од растреситог везивног ткива у коме се налази велики број еластичних влакана удружених са глатким мишићним ћелијама, које у овом мишићно-еластичном систему контракцијама регулишу његов тонус и напон еластицитета.

Плућна марамица (*pleura*) са своја два листа (*visceralnim* и *parijetalnim*) ограничава потпуно затворени виртуелни простор (*cavum pleurae*). Њена два листа омогућују плућном крилу клижење без икаквог трења преко зидова дупље, где је смештено плућно крило.

Приликом дисања плућни делови врше покрете одређеног смера и амплитуде. Предњи и доњи делови плућа клизе напред и надоле, да би направили места за ширење задњих делова, који се налазе уз кичмени стуб. Највећу амплитуду покрета, око 3 см, врше доњи делови плућа. Унутрашња страна плућног крила приликом инспирације клизи такође надоле и напред, али у мањој мери него што то чини спољна страна. Бронхијалне гране и бронхиоле се приликом инспирације шире лепезасто и издужују.

Поред тога, оне се, захваљујући распореду својих еластичних влакана, истовремено проширују и олакшавају улазак ваздуха. Приликом експирације бронхиоле се сужавају и излазак ваздуха је успорен, што повољно утиче на размену гасова у плућном режњићу. Одмицање грана бронхијалног стабла приликом инспирације даје простора за ширење режњића, који се налазе између њих.

Приликом дисања ваздух улази и меша се с **резидуалним ваздухом**, који износи 1.0-1.5 литар и заостаје увек у плућима и након максималне експирације. Након максималне експирације, при максималној инспирацији унета количина ваздуха (**витални капацитет**) варира од 4-5 литара за мушке и 3-4 литара за женске особе. У обичним приликама човек удахне само десети део свог виталног капацитета, око 500 см³. У брдским, планинским крајевима, где је ваздух сиромашнији кисеоником, витални капацитет је већи, грудни кош је шири, режњићи и алвеоле плућа су крупнији.



Слика 87. Грљан, душник и плућа (посматрани спреда)

МОКРАЋНО – СПОЛНИ ПРИБОР (APPARATUS UROGENITALIS)

Мокраћни и **сполни органи** убрајају се у заједнички прибор због тога што користе делом исте изводне канале и што су за време ембрионалног развитка у тесној узајамној вези.

А. Мокраћни органи (*organa uropoetica*)

Мокраћни органи одстрањују из човечјег тела (из крвотока) заостатке метаболизма у виду водених раствора који скупа сачињавају **мокраћу** (*urina*). Мокраћни органи су **парни** и **непарни**.

Парни органи су:

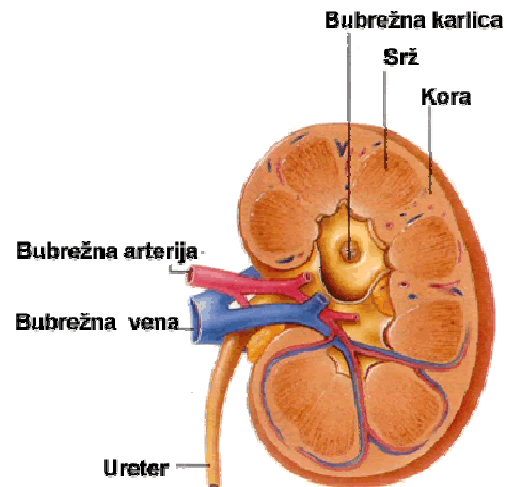
1. **Бубрег** и његови изводни канали
2. **Бубрежна карлица** и **бубрежне чашице**
3. **Мокраћовод**

Непарни органи су:

4. **Мокраћна бешика** (резервоар мокраће)
5. **Мокраћна цев** - њен изводни канал

1. Бубрег (*ren*) је паренхиматозни орган у коме се ствара мокраћа. Он је у облику зрна пасуља и смештен је заједно са својим омотачима у ложи, која се налази у ретроперитонеалном делу трбушне дупље, бочно од последњег грудног и прва два слабинска пршљена. На средишњем делу његове унутрашње конкавне ивице налази се овални отвор (хилус бубрега). Кроз хилус се улази у бубрежну дупљу, у којој се налазе бубрежна карлица, бубрежне чашице и бубрежни крвни судови.

Бубрег је тежак 120-200 г. дугачак је 12 цм, широк 6 цм и дебео 3-4 цм. Бубрези леже у висини 12-тог грудног и прва два слабинска пршљена. Десни бубрег је мањи од левог, јер је притиснут десним режњем јетре. Предња страна бубрега је конвекснија него задња.



Слика 88. Грађа бубрега

Састав бубрега. На уздужном пресеку бубрега уочавају се две супстанције, средишња и периферна, које се разликују по боји и по грађи.

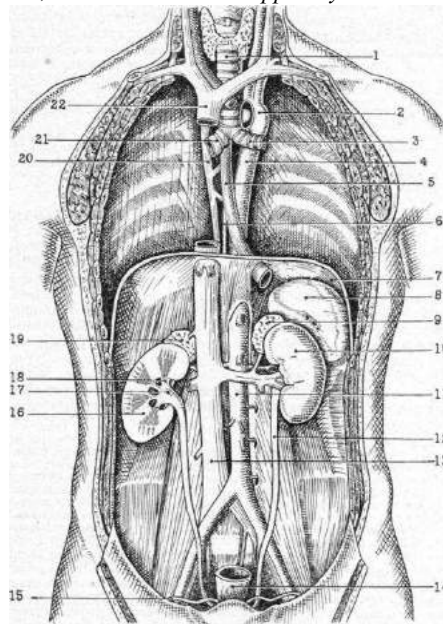
Средишња супстанција или **срж бубрега** образује 8-12 **бубрежних пирамида** (*pyramides renales -Malpighii*), које су распоређене у 3 фронтална слоја: предњи, средњи и задњи. Од база *Malpighi*-евих пирамида, које су окренуте ка површини бубрега, пружају се упоље **папиларни наставци**, чији број за сваку пирамиду износи око 200-300. Врхови *Malpighi*-евих пирамида истрче у бубрежну дупљу, градећи папиларна узвишења, која су обухваћена базама бубрежних чашица.

Периферна супстанција-бубрежна кора (*cortex renis*), увлачи се између *Malpighi*-евих пирамида и образује **Бертинијеве стубове бубрега**. Њени делови између папиларних наставака скупа сачињавају **бубрежни лавиринт**.

Грађа бубрега. Бубрег је сложена тубулозна жлезда, чију анатомску и функционалну јединицу представља **нефрон** (*nephron*), чији укупан број у оба бубрега, износи 2-3 милиона. То је уствари жлездана цевчица, која је на свом почетном крају проширена и гради **бубрежно телашце** (*corpusculum renalis - Malpighii*).

Бубрежно телишце састоји се од клупчета артеријских капилара, који се међусобно уопште не анастомозују, уметнути су између два артеријска суда (доводног и одводног). Неколико бубрежних каналића спајају се преко сабирних цевчица и настављају папиларним каналом. Сабирне цевчице, папиларни канали и делови Хенле-ових петљи улазе у састав бубрежне сржи, а остали делови нефрона у састав коре.

2. **Бубрежна карлица** (*pelvis renalis*) и бубрежне чашице (*calices renales*). Врхови *Malpighi*-евих пирамида (бубрежне папиле) штрче на зиду бубрежне дупље и улазе у **бубрежне чашице**, које су у облику левкова. Отвори бубрежних чашица срасли су уз базе бубрежних папила, а њихови врхови се сједињују и образују ампуларно проширење, **бубрежну карлицу**. Бубрежна карлица излази из бубрежне дупље својим ужим крајем, савија надоле и без јасне границе наставља се мокраћоводом.



Слика 89. Органи грудне и трбушне дупље

3. **Мокраћовод** (*ureter*) је слузокожно-мишићни канал, дужине око 30 цм, који спроводи мокраћу од бубрежне карлице до мокраћне бешике. Он силази кроз ретроперитонеални простор трбушне дупље, предњом страном великог слабинског мишића (*m. psoas major*) и преко граничне линије улази у малу карлицу, где иде најпре њеним бочним зидом, а затим савија медијално и напред и завршава се на дну мокраћне бешике. Његов калибар је најмањи при пролазу кроз зид мокраћне бешике. На овом месту се најдуже задржава бубрежни каменчић при своме изласку. Поред овог сужења мокраћовод има још два, код свог почетка и у висини граничне линије.

4. **Мокраћна бешика** (*vesica urinaria*) је слузокожно-мишићни резервоар капацитета око 350 цм³, у коме се скупља мокраћа у времену између два пражњења. Она се налази у предњем делу карличне дупље, одмах иза препонске симфизе, чију горњу ивицу прелази само у случају када је пуна. Пуна мокраћна бешика има крушкаст облик, са врхом управљеним навише, ка пупку.

База мокраћне бешике управљена је надоле и назад и, код мушкараца, одвојена је од пода карличне дупље простатом, семеним кесицама и завршним деловима семевода. Код жене је причвршћена везивним ткивом уз предњи зид вагине и уз предњу страну врата материце.

5. Мокраћна цев (*urethra*) је цев је изводни, мишићно-слузокожни канал бешике. Код мушкараца она служи и као семени пут. Мокраћна цев жене дуга је 3-5 цм. Она полази од свог унутрашњег отвора, код врха бешичног троугла, и силази испред вагине у благом луку. Њен спољни отвор налази се у предњем делу предворја вагине, иза корена дражице (*clitoris*).

Б. Сполни органи (*organa genitalia*)

Сполни органи су **примарна сексуална обележја мушкарца и жене**. Они се деле на **унутрашње** и **спољне**, према томе да ли се налазе у малој карлици или су постављени изван, на предњем делу међице. У унутрашње органе спадају сполне жлезде и њихови изводни канали, сполни путеви, који прихватају заметне ћелије и одржавају их и спроводе или им омогућују угнежђивање и даљи развитак.

1. Мушки сполни органи

У **унутрашње сполне органе** спадају **семник (тестис)** и **семени канал** и **пасемник, семевод** и **бризник**. Семени канали настављају се мокраћном цеви, која припада спољним сполним органима. Семеним каналима и мокраћној цеви придодате су крупније **жлезде: семене кесице, простата** и **булбо-уретралне жлезде**, чији секрет скупа улази у састав семене течности (сперма).

У **спољне сполне органе** спадају **сполни уд (penis), мокраћна цев** и **мошнице**.

2. Женски сполни органи

У **унутрашње сполне органе** спадају **јајник** и **сполни путеви (јајоводи, материца и вагина)**. У **спољне сполне органе (vulva)** спадају **велике** и **мале усне стиднице** и **ерективни органи (дражица и тремна главица)**.

5. АНГИОЛОГИЈА (*systema vasorum*)

Прибор за крвоток, срце и крвни судови образују потпуно затворени систем опнастих канала, кроз које стално протиче крв, вршећи транспорт хранљивих материја и њихових отпадака. Крв протиче кроз систем захваљујући ритмичкој контракцији срчаног мишића. Она предаје кисеоник и хранљиве материје ткивима, а прима од њих угљендиоксид и друге отпатке њиховог метаболизма, које одводи органима за излучивање (плућима и бубрезима).

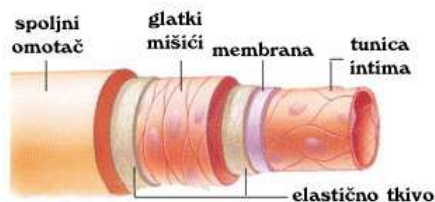
Срце је шупљи мишићни орган. Уздужном преградом подељено је на леву и десну половину, које клиничари означавају као лево и десно срце. Свака половина има по две дупље, преткомору и комору, које међусобно комуницирају отвором. Из срчаних комора полазе артерије, крвни судови који одводе крв ка периферији. Артерије, идући ка периферији, гранају се у све ситније гране и преко најситнијих грана (*arteriola*) прелазе у крвне капиларе, који се налазе у ткивима. Из капилара полазе огранци вена, које одводе крв ка срцу. Преко вена крв улази у срчане преткоморе и завршава свој кружни пут, **крвоток** (*circuius sanguinis*). У човечјем телу постоје 2 крвотока, **мали** и **велики крвоток**, од којих први осигурава размену гасова у плућима, а други размену материја у ткивима.

Мали крвоток (*circuius sanguinis minor*). Венска крв из десне преткоморе улази у десну комору. Из десне срчане коморе она одлази плућним артеријским стаблом и плућним артеријама до плућних капилара, где се врши размена гасова. Преко алвеоларног и капиларног зида крв прима кисеоник и одаје угљен-диоксид, и постаје светло црвена, артеријска. Артеријска крв се враћа плућним венама у леву преткомору.

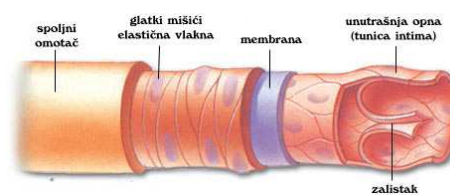
Велики крвоток (*circuius sanguinis major*). Артеријска крв из леве преткоморе улази у леву комору. Из леве коморе преко аорте и њених грана она одлази до ткивних капилара. Кроз танки зид капилара врши се размена материја између крви и ткива. Крв постаје мркоцрвена, венска, и враћа се венама у десну преткомору срца.

Крвни судови (артерије и вене) су опнасти цилиндрични канали који се гранају по целом телу. Они образују два система, артеријски и венски систем, која повезују крвни капилари (*vasa capillaria*) и артерио-венске спојнице (*anastomoses arteriovenosae*).

Артерије обично узимају најкраћи пут, пружају се праволинијски, да би дошле до свог органа, којега васкуларизирају и исхрађују. На местима где се врше покрети и код органа који мењају облик и величину, оне граде вијуге, да би избегле истезање и кидање. Њихов калибар, идући од срца ка периферији, опада после одвајања сваке бочне гране, све до најситнијих огранака, артериола, који прелазе у крвне капиларе. Код прибора за кретање артерије су постављене дубоко уз сам скелет. У висини зглобова оне прелазе увек страном на коју се врши прегинање и од зглобне чауре одвојене су слојем масног ткива, које спречава њихово пресавијање приликом флексије зглоба.



Слика 90. Артерија



Слика 91. Вена

Вене полазе ситним огранцима (венулама) из крвних капилара. Идући ка срцу, оне примају бочне притоке и постају све крупније. По свом пространству венски систем премашује 2-3 пута артеријски. Он се одликује многобројним анастомозама које образују мрежу (*rete venosum*) или сплет (*plexus venosus*).

Вене се деле на **површне** и **дубоке**. Дубоке вене прате артерије, а површне се налазе у поткожном масном ткиву. Мање артерије увек прате по две вене, које су спојене међусобно многобројним попречним анастомозама. Крупне артерије и артерије потпречажног дела прибора за варење прати увек по једна вена.

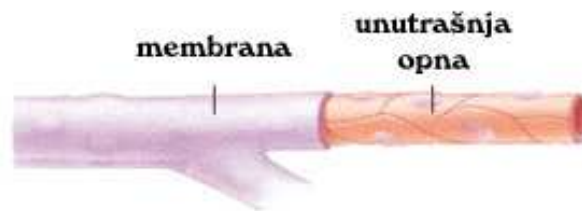
Зид вене састоји се такође од три опне:

- **Унутрашња опна** (*tunica intima*) код вена усходног правца образује дупликатуру, **залиске** (*valvulae*), које спречавају враћање крви под утицајем земљине теже. Залиски су обично удвојени и постављени на одређеним висинама. Они издељују тежину крвног стуба на сегменте. Код њихове инсуфицијенције притисак крвног стуба, који се повећава све више идући надолу, оштећује зид вене. Зид вене попушта и јављају се чворновата проширења (*варицес*).

- **Средња опна венског зида** (*tunica media*) знатно је тања него код артерије. Она се састоји од кружних мишићних снопова, који дозвољавају лако повећање и смањење калибра вене.

- **Спољни, везивни омотач** је знатно дебљи него код артерије. Поред уздужних снопова колагених влакана, он садржи и мишићне снопове, који су постављени такође у уздужном смеру.

Капилари (*vasa capillaria*) су мајушни крвни судови дужине 1-2 мм. Њихов лумен износи 5-25 μ . Већи калибар среће се код проширених, синусоидних капилара. Број капилара у појединим ткивима је различит у зависности од функционалне потребе. Код мишића, у једном снопићу дебљине од 0,5 мм налази се око 700 капилара. Укупна површина капилара у мишићном систему је око 6 300 m^2 . Капилари веома лако регенеришу и стварају нове пупољке, што је од значаја за брзо залечење рана.



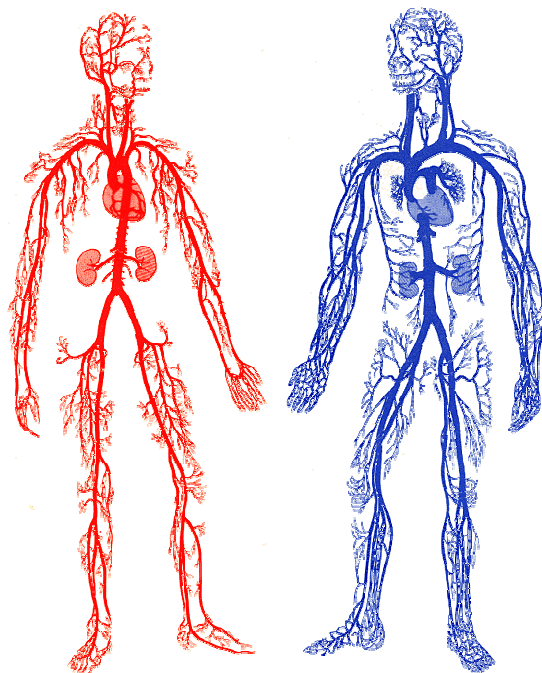
Слика 92. Капилар (*vasa capillaria*)

Функционалне одлике крвних судова

Срце својом контракцијом, систолом, убацује око 170 ccм крви у велике артерије под притиском који износи 120-140 mm Hg. При томе се велике артерије, захваљујући еластичности своје средње опне, проширују, а затим постепено сужавају и потискују крв ка периферији. Крв тече ка периферији у млазевима и под притиском, који се постепено троши, савлађујући отпор, и у капиларима износи свега 5-25 mm Hg.

У великим венама притисак спада скоро до 0 (нуле) и крв тече, захваљујући усисавајућем дејству срчане контракције и негативном притиску грудне дупље. У вени порте притисак је већи него код осталих великих вена, услед великог броја артериовенозних спојница у цревном зиду.

У горњој шупљој вени и у великим венама врата крвни притисак постаје **негативан** приликом инспирације. Због тога, код повреде ових вена, кроз руптуру њиховог зида улази ваздух и ствара пенушаву крв, која при свом даљем протицању зачепљује артериоле и може да заустави срчани рад услед повећања отпора (**ваздушна емболија**).



Слика 93. Артеријски (лево) и венски (десно) систем човека

Главни отпор крвном притиску пружају артерије мишићног типа и артериоле, које својом мишићном опном регулишу величину свог лумена и омогућују брже или спорије притицање крви појединим органима. Захваљујући артеријама мишићног типа, прибор за крвоток је у стању да расподељује крв између поједних органа и да им са што мање срчаног напора обезбеди потребну количину хранљивих материја. При томе, велику улогу имају артерио-венске анастомозе, које се отварају и као деривативни судови, спровode сувишну крв из артериола у венуле, убрзавајући ток крви и олакшавају рад срца. Исто тако, важну улогу при расподели крви и за олакшање срчаног рада имају крвни депои - крвни судови слезине, јетре и црева. Крвни судови ових органа се проширују и задржавају одређену количину крви, која у датом моменту није потребна да кружи кроз крвоток.

Крв приликом протицања ствара **притисак**, који у односу на осовину суда делује уздужно и попречно. Уздужном притиску при протицању крви супротставља се унутрашња опна крвног суда, а попречном притиску његова средња опна. Код повећаног крвног притиска задебљава нормално средња опна крвног суда, да би се супротставила појачаном притиску у трансверзалном смеру. Исто тако, задебљава средња опна зида вене, ако се она у целини или само један њен сегмент оперативно прикључи артеријском систему.

Крвни судови, артерије и вене, нормално су **истегнути** у уздужном смеру. Њихово уздужно истезање се повећава приликом опружања екстремитета. Уздужном истезању супротставља се спојни, везивни омотач и у старости, када он ослаби, крвни судови се издужују и постају вијугави.

1. СРЦЕ (COR)

Срце је главни орган прибора за крвоток и налази се у својој кеси, перикарду (*pericardium*). Оно је у облику зарубљене купе чија је база окренута назад и удесно, ка кичменом стубу. Његова уздужна осовина спушта се косо напред и улево и са фронталном и сагиталном равни заклапа угао величине око 40°. Поред тога, срце је око своје уздужне осовине уврнуто улево и његова десна половина је окренута напред, ка грудној кости. Срце је нормално тешко 270-300 г. Приликом своје контракције оно истисне око 170 цм крви.

Срчани зид састоји се од дебелог мишићног слоја, **миокарда** (*myocardium*), чија је спољна површина глатка и покривена серозном опном (*epicardium*). Његову унутрашњу површину облаже ендотелна опна, ендокард (*endocardium*).

Ендокард се састоји од једнослојног љуспастог епитела и танког слоја везивноеластичног ткива, који у висини преткоморно-коморних отвора образује дупликатуру (залиске) појачане танким слојем фиброзног ткива. **Залистак** (*valva atrioventricularis*) спушта се од преткоморо-коморног отвора у виду левка. Он се састоји од два или три листића (*cusps*), који се приликом систоле срца затварају и спречавају враћање крви из коморе у преткомору. Код отвора плућног артеријског стабла и код отвора аорте сустичу се ендокард и унутрашња опна крвног суда и образују три полумесечаста залиска (*valvulae semilunares*). Полумесечасте залистак има облик ластиног гнезда. Полумесечасте залиски спречавају враћање крви из великих артерија у срчане коморе приликом ширења срца, дијастоле.

Спољни изглед срца

Срце својим обликом подсећа на неправилну тространу пирамиду и на њему се разликују: **база, врх и три стране (предња, задња и лева)**.

Предња страна управљена је према грудној кости и левим ребарним хрскавицама. Са **задњом страном**, која налаже на пречагу, она образује десну ивицу срца. **Лева страна** срца одговара левом плућном крилу. Она се наставља без јасне границе у предњу и задњу страну срца.

Срчани врх управљен је напред, надоле и улево.

База срца окренута је назад, ка кичменом стубу. На њој се налазе велики судови, артерије и вене.

Унутрашњи изглед десног срца.

Десна преткомора (*Atrium dextrum*) има облик неправилне коцке, која је истегнута у вертикалном смеру, у правцу шупљих вена. Њен унутрашњи зид одговара међупреткоморном делу срчане преграде. На њему се налази овална јама. На горњем зиду десне преткоморе налази се отвор горње шупље вене. На доњем зиду је ушће доње шупље вене, а испред и медијално од њега - ушће срчаног венског синуса.

На задњем зиду налази се испупчење које млаз крви из горње и доње шупље вене одбија према предњем ка преткоморно-коморном отвору. На спољњем налази се улаз у десни увасти наставак и гранични, који одговара истоименом жлебу на спољној десне преткоморе.

Десна комора (*Ventriculus dexter*) има облик тростране пирамиде, на којој се разликује база, врх, три ивице и три стране: предња, задња и унутрашња. На бази десне коморе налази се преткоморно-коморни отвор, а испред и изнад њега отвор плућног артеријског стабла. На преткоморно-коморном отвору налази се тролисни залистак који има три листића, предњи, задњи и медијални. Тролисни залистак се отвара приликом пуњења десне коморе, а затвара приликом њене контракције и спречава враћање крви у десну преткомору.

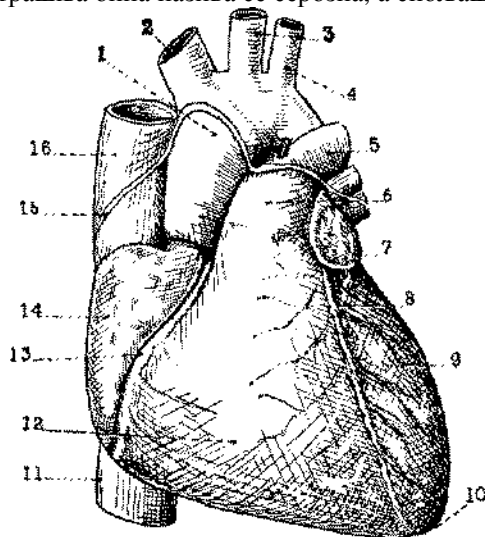
Унутрашњи изглед леве половине срца

Лева преткомора (*Atrium sinistrum*) је мања од десне, али је исто тако у облику неправилне коцке, која је за разлику од десне преткоморе издужена у попречном смеру, у правцу плућних вена. На њеном задњем зиду налазе се отвори плућних вена. На предњем зиду налази се преткоморно-коморни отвор. На спољњем зиду леве преткоморе налази се улаз у увасти наставак.

Лева комора (*Ventriculus sinister*) гради у целини врх срца. Она има облик спљоштене купе, на којој се разликују база, врх, две ивице и две стране. На средњем делу њене предње и задње ивице налази се по један мишићни стуб од чијих врхова се пружају тетивна влаканца (*chordae tendineae*) до предњег и задњег листића преткоморно-коморног залиска.

Срце се храни преко система **срчаних (коронарних артерија - aa. coronariae)** које представљају прве гране аорте на њеном изласку из леве коморе. Постоје две коронарне артерије, лева и десна (*a. coronaria sinistra et dextra*) и оне опасују срчани мишић као венац или круна. Зато се називају веначне, крунске или коронарне артерије.

Срчана опна - кеса (pericardium) је двострука опна која обавија срце, почетне и завршне делове великих крвних судова. Унутрашња опна назива се серозна, а спољашња фиброзна.



Слика 94. 1. Aorta - 2. Truncus brachiocephalic's - 3. A. carotis communis sinistra- 4. A. subclavia sinistra - 5. A. pulmonalis sinistra - 6. Truncus pulmonalis - 7. Auricula sinistra - 8. Sulcus interventricularis anterior - 9. Ventriculus sinister - 10. Apex cordis - 11. V. cava inf. - 12. Ventriculus dexter - 13. Sulcus coronarius - 14. Atrium dextrum - 15. Mesto pripoja srčane kese - 16. V. cava superior

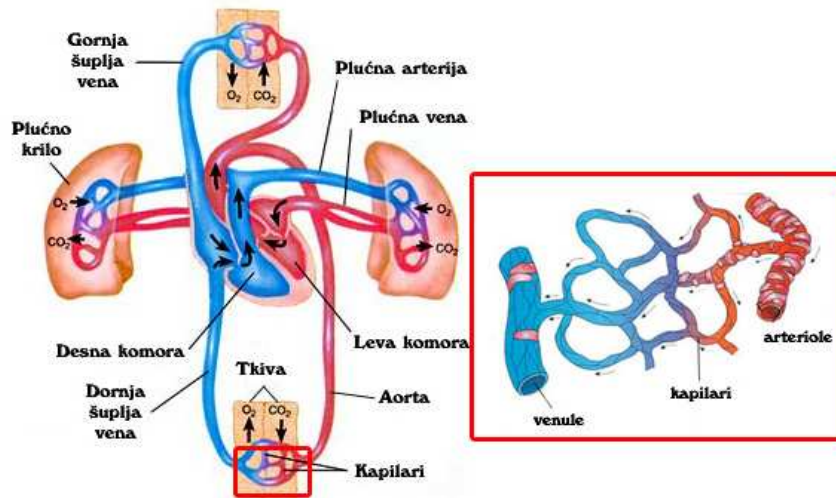
2. АРТЕРИЈСКИ СИСТЕМ (TRUNCUS PULMONALIS)

Плућно артеријско стабло полази од десне коморе, испред осталих великих крвних судова срчане базе. Оно се пружа навише и улево до испод лука аорте, где се дели на, **десну и леву плућну артерију**, које се пружају упоље и улазе у састав одговарајућег плућног корена.

АОРТА

Аорта је велико стабло од кога настају све артерије великог крвотока. Она полази од базе леве коморе и у виду лука пребацује се назад и улево ка кичменом стубу, поред кога силази кроз грудну и трбушну дупљу.

Њен **почетни усходни део (aorta ascendens)** пружа се од корена аорте косо навише и удесно до висине леве ребарне хрскавице, где савија и прелази у **лук аорте**. **Лук аорте** идући косо назад и улево пребацује се преко левог плућног корена и левог повратног гркљанског живца (*n. laryngeus recurrens sinister*) и долази до левог бока 4. грудног пршљена, где гради једно неосетно сужење и наставља се **нисходном аортом (aorta descendens)**, која силази најпре бочном страном кичменог стуба, а затим постепено прелази испред њега, у висини 4. слабинског пршљена рачва се, дајући десну и леву заједничку **бедрену артерију**. У топографском погледу она се дели на два дела, на грудну и трбушну аорту.



Слика 95. Крвоток

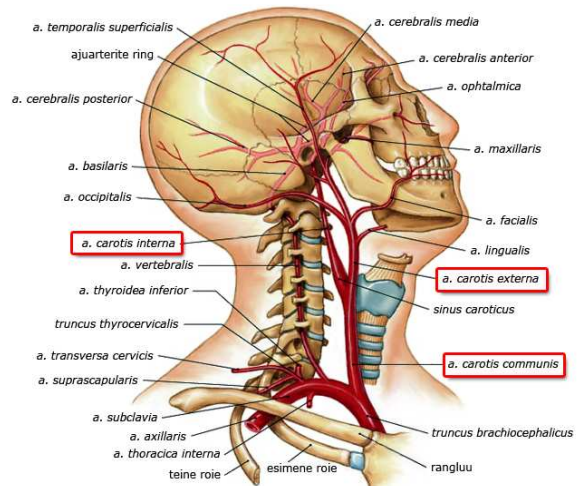
А. Гране лука аорте

Од лука аорте полазе артерије које исхрађују главу, врат и горње удове:

1. Каротидне
2. Поткључне артерије

1. Заједничка каротидна (*a. carotis communis*) артерија пење се са бочне стране душника и гркљана, испред попречних наставака вратних пршљенова и притиском спреда лако се компримира приликом крвављења. Она се најлакше компримира уз попречни наставак шестог вратног пршљена, уз његову предњу, каротичну квргу. Дели се на:

- а. Спољњу каротидну артерију (*a. carotis externa*)**
- б. Унутрашњу каротидну артерију (*a. carotis interna*)**



Слика 96. Главне артерије главе и врата

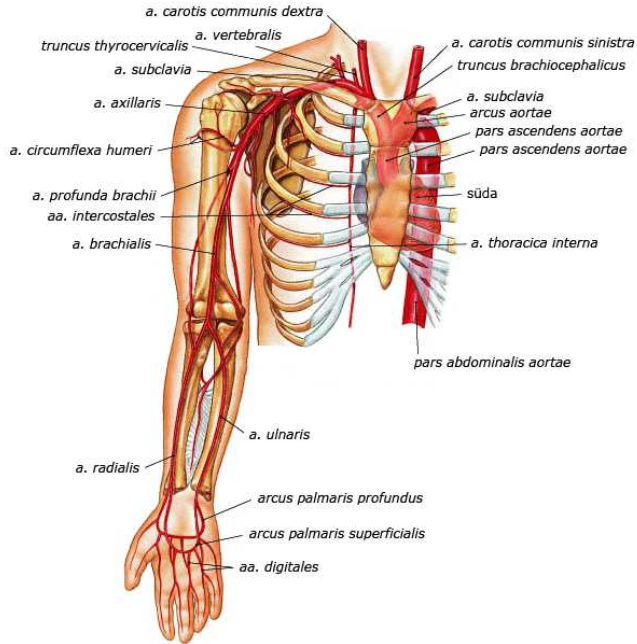
2. Поткључна артерија (*a. subclavia*) излази из грудне дупље и савија се у луку упоље изнад врха плућа и плућне марамице, прелази изнад првог ребра, улази у пазушну јаму и наставља се **пазушном артеријом (*a. Axillaris*)**, која се продужава **надлактином артеријом (*a. brachialis*)**. Надлактина артерија у висини лакта даје две завршне гране: **збичну и лакатну артерију**, које силазе предњом страном подлакти и у висини шаке образују мреже и лукове.

Поткључна артерија даје за врат и грудни кош **велике бочне гране: Вертебралну-кичмену артерију, Базиларну артерију, Унутрашњу грудну артерију, Штитно-вратно артеријско стабло и Вратно-ребарно артеријско стабло.**

3. Пазушина артерија (*a.axillaris*) наставља поткључну од спољне ивице првог ребра Она силази кроз пазушну јаму и од висине доње ивице великог грудног мишића наставља се надлактином артеријом.

4. Надлактина артерија (*a.brachialis*) силази између двоглавог мишића надлакти и унутрашње међумишићне преграде. У висини врата збице даје две завршне гране (жбичну и лакатну). Њене бочне гране васкуларизују мишиће надлакти и завршавају у артеријској мрежи зглоба лакта

5. Жбична артерија (*a.radialis*) наставља правац надлактине и силази испред збице. Изнад корена шаке пипа се њен пулс у жлебу „*sulcus pulsus*“.



Слика 97. Главна артерија руке

Код корена шаке жбична артерија савија назад, даје главну артерију палца и спаја се са дубоком дланском граном лакатне артерије.

6. Лакатна артерија (*a.ulnaris*) од почетка савија унутра и надолу и силази између површног и дубоког прегибача прстију и образује површни длански лук.

Б. Гране грудне аорте

Грудна аорта (*aorta thoracica*) даје парне висцералне и паријеталне гране за органе и зидове грудне дупље. Њене **висцералне гране** одлазе према левом и десном бронхијалном стаблу, једњаку и лимфним чворовима, а **паријеталне гране** (међуребарне артерије) према мишићима леђа.

а. Паријеталне гране:

1. Слабинско-бедрена артерија;
2. Бочне крсне артерије;
3. Горња седална артерија;
4. Доња седална артерија;
5. Запорна артерија.

б. Висцералне гране.

Ове артерије васкуларизују карличне органе, међуцу и спољне генит. органе.

В. Гране трбушне аорте

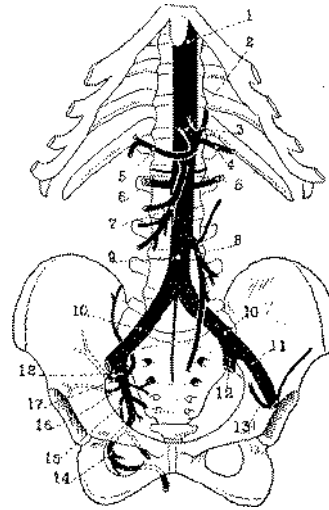
Трбушна аорта (*aorta abdominalis*) силази испред кичменог стуба до 4. слабинског пршљена, где даје две велике гране, **леву** и **десну заједничку бедрену артерију** (*a. iliaca communis*) и продужава танком граном, **средњом крсном артеријом** (*aorta abdominalis*), која силази задњим зидом мале карлице до врха тртичне кости. Од трбушне аорте се одвајају паријеталне и висцералне гране.

а. Паријеталне гране су парне и васкуларизују пречагу и задњи трбушни зид.

б. Непарне висцералне гране трбушне аорте васкуларизују потпречажни део прибора за варење и слезину: **Целијачно артеријско стабло**, **Горња цревна артерија** и **Доња цревна артерија**.

3. Спољна бедрена артерија (*A. iliaca externa*) силази од рачве заједничке бедрене артерије упоље, дуж улаза у малу карлицу. Она пролази између препонске везе и предње ивице карличне кости и наставља се **бутном артеријом (*a.femoralis*)**. Њене две бочне гране одвајају се непосредно изнад препонске везе и одлазе за предњи трбушни зид.

4. Бутна артерија (*a. femoralis*) наставља спољну бедрену артерију од средине препонске везе, силази кроз бутни канал и наставља се **затколеним артеријом (*a. poplitea*)**. Од почетног дела бутне артерије одвајају се површне гране за предњи трбушни зид и гениталне органе, и једна дубока за мишиће бута.

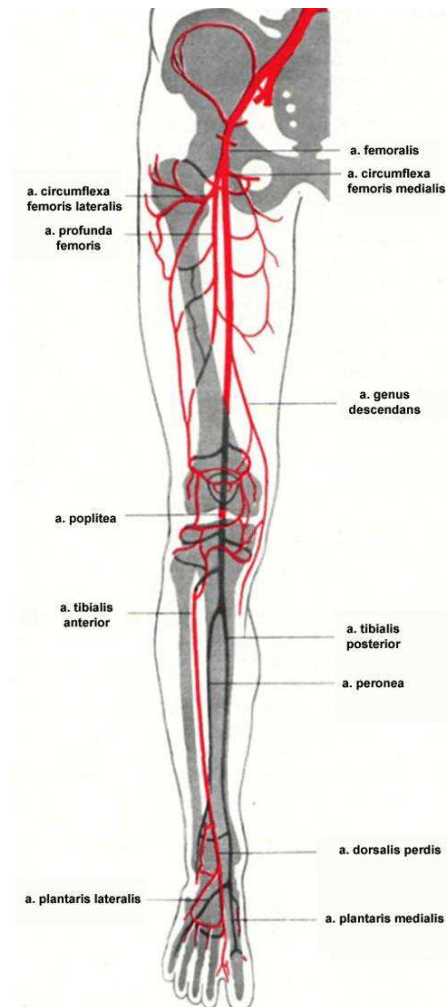


Слика 98. Главне артерије абдомена и карлице

5. Затколена артерија (*a. poplitea*) силази од тетивног зјапа великог примицача бута средином затколених јама до тетивног лука *m. soleus-a*, где се дели у своје две завршне гране, предњу и задњу голењачну артерију. Она даје мишићне и зглобне гране, две парне и једну непарну. Парне зглобне гране улазе у састав артеријске мреже зглоба колена, а непарна грана, улази у зглоб колена.

6. Предња голењачна артерија (*a. tibialis anterior*) силази испред међукоштчане опне потколенице, споља од голењачног мишића и наставља се дорзалном артеријом стопала. Границу између њих представља укрштена веза корена стопала.

7. Задња голењачна артерија (*a. tibialis posterior*) силази између површног и дубоког слоја мишића задње ложе потколенице и испод унутрашњег глежња и рачва се у две табанске артерије, спољну и унутрашњу. Она даје мишићне гране и гране за унутрашњи глежањ. Њена највећа бочна грана, лишњачна артерија силази иза лишњаче.



Слика 99. Бутна и затколена артерија и артерије потколенице и стопала

3. ВЕНСКИ СИСТЕМ

Плућне вене (*Vv. Pulmonales*), две десне и две леве, по изласку из плућног хилуса пружају се медијално, улазе у срчану кесу и завршавају се на задњем зиду леве преткоморе.

ВЕНЕ ВЕЛИКОГ КРВОТОКА (*V. CAVA-SUPERIOR ET V. CAVA INFERIOR*)

Вене великог крвотока образују два система који се преко горње и доње шупље вене (*v. cava superior et v. cava inferior*) уливају у десну преткомору срца. Границу између ова два венска система означава пречага.

А. ГОРЊА ШУПЉА ВЕНА (*V. CAVA SUPERIOR*)

Горња шупља вена (*v. cava superior*) настаје иза прве десне ребарне хрскавице спајањем десне и леве брахиоцефаличне вене. Она силази испред десног плућног корена, споља од усходне аорте, улази у срчану кесу и завршава се на горњем зиду десне преткоморе. Њена бочна притока, велика вена азигос, која доводи крв из задњег зида грудне дупље, повезује је са системом доње шупље вене.

1. Велика вена азигос (*V. azugos*) постаје спајањем 12. десне међуребарне вене и усходног венског канала, који повезује слабинске вене - паријеталне притоке доње шупље вене. Она се пење десним боком кичменог стуба до висине 4. грудног пршљена, где савија напред, иде преко десног плућног корена и улива се у горњу шупљу вену.

2. Брахиоцефалична вена (*V. Brachiocephalica*) постаје иза грудно-кључног зглоба спајањем унутрашње југуларне и поткључне вене.

3. Унутрашња југуларна вена (*V. jugularis interna*) доводи крв из главе и врата. Она наставља код задњег дела југуларног отвора, највећи од венских синуса тврде мозданице, у које се уливају моздане вене. Њен почетни и завршни део граде по једно проширење.

4. Поткључна вена (*V. subclavia*) је врло кратка и доводи крв из горњег уда, из његових дубоких и површних вена.

5. Дубоке вене горњег уда: артерије шаке, подлакти и надлакти прате по две истоимене дубоке вене, које су с површним, поткожним венама спојене кратким венским каналима.

6. Површне вене горњег уда су две поткожне вене предње стране подлакти: унутрашња и спољашња, које полазе од венске мреже на дорзалној страни шаке.

Б. ДОЊА ШУПЉА ВЕНА (*V. CAVA INFERIOR*)

Доња шупља вена (*v. cava inferior*) настаје на десном боку 5. слабинског пршљена, спајањем леве и десне заједничке вене. Она се пење десним боком кичменог стуба иза нисходног дела дуоденума и јетре и пошто прође кроз отвор на тетивном средишту пречаге, улива се у десну преткомору срца.

Њене бочне притоке долазе из зидова и органа трбушне дупље. Од висцералних притока највеће су **јетрине вене** и **бубрежне вене**. Јетрине вене уливају се у доњу шупљу вену непосредно испод њеног отвора на пречази. Оне одводе крв коју јетра добија од своје артерије и од *v. portae*.

1. Вена порте (*Vena portae*) је функционални суд јетре, који доводи крв из потпречажног дела прибора за варење и слезине. Она постаје на задњој страни главе панкреаса спајањем горње цревне вене, слезинске вене и доње цревне вене. Вена порте пење се удесно и пролази најпре иза горњег дела дуоденума, а затим се рачва се у две гране, десну и леву, које улазе у јетру.

2. Заједничка бедрена вена (*V. iliaca communis*) настаје у висини крсно-бедреног зглоба спајањем унутрашње и спољне бедрене вене. Она се пење иза истоимене артерије.

3. Унутрашња бедрена вена (*V. iliaca interna*) вена пење се иза истоимене артерије. Она прима паријеталне и висцералне притоке, које прате гране хипогастричне артерије.

4. Спољна бедрена вена (*V. iliaca externa*) пење се испод истоимене артерије. Од препонске везе она наставља бутну вену, која доводи крв из дубоких и површних вена ноге.

5. Дубоке вене доњег уда. Затколону и бутну артерију прати по једно венско стабло (*v. poplitea* и *v. femoralis*), а остале артерије ноге прате по две истоимене вене.

6. Површне вене доњег уда. Од површних вена доњег уда издвајају се по својој константношћу две сафенске вене: **велика и мала** (*v. saphena – magna et parva*), које полазе од венске мреже на дорзалној страни стопала.

4. КРВ

Крв (*sanguis*) је у ствари је потпорно ткиво, које стално кружи кроз прибор за крвоток и натапа све органе човечјег тела. Међућелијску масу овог ткива представља **крвна плазма**, у којој су потопљени уобличени елементи, црвена крвна зрнца (*еритроцити*), бела крвна зрнца (*леукоцити*) и крвне плочице (*тромбоцити*). Од укупне количине крви, која код мушкарца износи 5 литара, а код жене 4 литра, 42-46% отпада на уобличене елементе, а остатак на крвну плазму. Уобличени елементи крви стварају се у хематопоетичним органима из матичних ћелија. Крвну плазму стварају ретикуларна и ендотелна ткива човечјег тела, која скупа образују *ретикуло-ендотелни систем*.

Крв представља унутрашњу, хуморалну средину човечјег тела, која је у интимном односу са свима ћелијама, регулишући помоћу хормона њихов развитак и рад. Сваки поремећај и обољење у организму изазива увек промене хуморалне средине. Промене хуморалне средине проучава посебна наука (*хематологија*).

Крвна плазма

Крвна плазма је жућкаста течност која садржи растворе беланчевина, шећера, масти, небеланчевинастих једињења азота и растворе неорганских соли.

Беланчевина има 6-7 г на 100 ццм крви, од чега 3-6% отпада на фибриноген, 65-70% на албумине. Небеланчевинастих једињења азота има нормално 20-35 мг у 100 ццм крви. Она представљају отпатке метаболизма ћелија, односно деривате мокраће.

Од неорганских једињења највише има кухињске соли, а у мањој мери соли калцијума, калијума и магнезијума.

Еритроцити

Црвена крвна зрнца су безједарни елементи крви, у облику биконкавне округле плочице, пречника око 7 μ . Њихов број у 1 мм^3 износи 4,5-5 милиона. Облик црвеном крвном зрнцу осигурава његова строма, мрежа беланчевинастих материја, у чијим окцима се налази **хемоглобин**. Беланчевинаста строма на површини добија слој липоида и образује полупропустљиву опну, која одржава индивидуалност црвеног крвног зрнца према околини. Хемоглобин је посебна беланчевина с двовалентним, активним гвожђем, које има особину да везује и отпушта кисеоник.

Крвна зрнца трају око 100 дана. После тога, она пропадају у слезини. Надокнаду обезбеђују матичне ћелије, еритробласти, које се код одраслог човека налазе само у црвеној коштаног сржи.

На површини опне црвеног крвног зрнца налазе се наследно фиксирани *аглутиногени*, према којима се разликују четири крвне групе: *само А, само Б, удружена А и Б* или *ништа, О-група*. Поред тога, крв човека може да буде *Rh-позитивна* или *Rh-негативна*.

Леукоцити

Бела крвна зрнца, за разлику од црвених, имају једро. Њихов број у 1 мм^3 крви износи 5.000 - 8.000. У крви постоје три врсте белих крвних зрнаца, *гранулоцити, лимфоцити* и *моноцити*, који се разликују у морфолошком и функционалном погледу и у погледу свога развитака, *генеze*.

Гранулоцити представљају 65-70% од укупног броја леукоцита. Они су велики 11-14 μ . Њихову протоплазму карактеришу зрнца, *гранулације*. Према томе да ли се *грануле* боје киселим или алкалним бојама, *гранулоцити* се деле на *неутрофилне, еозинофилне* и *базофилне*. *Неутрофилни гранулоцити* су најбројнији

Лимфоцити имају округло једро богато хроматином и танак слој протоплазме. Они су исте величине као и *еритроцити*. Њихов број износи 30-40% од укупног броја леукоцита. *Лимфоцити* су слабо покретни и могу да стварају *антитела, имунитет* против заразних болести.

Моноцити су крупнији од *лимфоцита* и имају већу количину протоплазме. Они хватају и уништавају *истрошене еритроците* и друге *ћелије*.

Међусобни однос леукоцита у процентима и њихов укупан број представљају **леукоцитарну формулу**, која показује мала физиолошка осцилирања у току дана и веће промене код различитих обољења. Леукоцитарну формулу код обољења карактерише: у почетку, фазу борбе, *повећање процента неутрофилних леукоцита*; затим фазу одбране и победе-повећање моноцита и најзад фазу опоравка-повећање лимфоцита.

Тромбоцити

Тромбоцити су округле или овалне плочице, величине 2-4 микрона. Њихов број у 1 мм³ крви износи 300-600.000. У средини плочице, у цитоплазми груписане су базофилне грануле.

Крвне плочице потичу од циновских ћелија коштане сржи. Својим распадањем, у додиру с оштећеним ткивом или при изласку из крвног суда, ослобађају *тромбокиназу*, фермент, који приликом коагулације тромбоген крви претвара у тромбин. Оне се групишу уз оштећени ендотел крвног суда, пропадају и образују зачетак крвног угрушка (*тромбус*).

ХЕМАТОПОЕТИЧНИ ОРГАНИ

У хематопоетичне, крвотворне органе спадају **коштана срж** и **чворићи лимфатичних органа**. Они се састоје од ретикуларног ткива, у коме се налазе **матичне ћелије** уобличених елемената крви. У коштаном сржи налазе се матичне ћелије еритроцита, гранулоцита и тромбоцита. Матичне ћелије лимфоцита налазе се у чворићима лимфатичних органа. Моноцити настају од ћелија ткива коштане сржи и лимфатичних органа.

а. Коштана срж (*medulla ossium*) је меко ткиво које испуњава шупљине костију - канале дијафиза и ареоле сунђерастог коштаног ткива. Њена укупна количина износи око 2 600 г, од чега половина отпада на црвену коштану срж (*medulla ossium rubra*). У току рашћења црвена коштана срж се постепено повлачи од периферије ка центру, ка осовинском костуру, и бива замењена масним ткивом, односно жутом коштаном сржи. Код одраслог црвена коштана срж у костима екстремитета заостаје једино још у проксималним крајевима раменице и бутне кости. Повлачење црвене коштане сржи ка осовинском скелету наставља се све до дубоке старости. Обрнути процес, ширење црвене коштане сржи, дешава се код извесних обољења и у случајевима повећане потребе организма за црвеним и белим крвним зрнцима.

Матична ћелија еритроцита је крупна, има велико једро и базофилну протоплазму, а матична ћелија гранулоцита, скоро је потпуно слична матичној ћелији еритроцита. Матична ћелија крвних плочица се повећава и постаје циновска ћелија с крупним једром.

Плазмоцити настају у коштаном сржи, крупни су и имају базофилну протоплазму и једро. Они стварају крвне беланчевине и антитела. Постоје и у лимфним органима.

б. Лимфни чворић (*folliculus lymphaticus*) састоји се од ретикуларног ткива, у чијем центру се налазе **лимфобласти** - светле, крупне ћелије с великим једром, које су матичне ћелије лимфоцита.

Лимфни чворић се налази у слузокожи и у посебним, лимфатичним органима: *крајницима, лимфним чворовима и слезини. Лимфоцити* из чворића лимфатичних органа улазе преко лимфе у крвоток. Лимфоцити из чворића слузокоже одлазе ка лумену цевовишког органа и пропадају, стварајући антитела, која служе као одбрана против страних тела, бактерија и др.

5. ЛИМФНИ СИСТЕМ (SYSTEMA LYMPHATICUM)

Лимфа је као и крв унутрашња средина организма и служи као посредник између крви и ткива. Састоји се од воде (94-98%), чврстих материја (2-7%) и скоро је безбојна, прозрачна течност у којој се налазе лимфоцити. Она се налази у стању спорог и непрекидног кретања од ткивних међупростора ка лимфним судовима који се уливају у велике вене.

Лимфни систем представља отоку венског система великог крвотока. Он доводи из ткива **међућелијску течност**, која потиче углавном из крвних капилара и испуњава пукотине између ћелија. Она прима отпатке метаболизма ћелија, пролази кроз ендотел лимфних капилара и даље „**као лимфа**“ одлази лимфним судовима (*vasa lymphacea*) к срцу.

У ток лимфних судова укључени су лимфни чворови (*nodi lymphatici*), органи који служе као филтер лимфе и као места где се стварају лимфоцити и моноцити. Лимфа се одликује од крви одсуством црвених крвних зрнаца и мањим процентом беланчевина.

Лимфни судови (*Vasa lymphacea*)

Лимфни судови се, исто као и вене, деле у **површине** и **дубоке**. **Површни лимфни судови** полазе из лимфних капилара, који се слепо завршавају у међућелијским пукотинама. Они образују густу мрежу испод коже и уливају се у дубоке лимфне судове.

Дубоки лимфни судови полазе из лимфних капилара и лимфних простора. У лимфне просторе човечјег тела спадају: *серозне дупље, међу-можданични простори, мождане коморе, простори унутрашњег уха и синовијалне шупљине зглобова*, тетивних омотача и серозних кеса. Дубоки лимфни судови прате дубоке вене. Идући к срцу, они се спајају, постају све крупнији и на крају образују два велика канала, грудни и десни лимфни канал, који се уливају у почетни део брахиоцефаличних вена, односно у леви и десни „*венски угао*“.

Зид лимфних судова је исте грађе као и зид вена, само је средња мишићна опна знатно тања. Њихов ендотел гради многобројне парне дубликатуре, **залиске** (*валвулае лимфатицае*). Залиски су постављени на малим растојањима и оријентисани су тако да дозвољавају ток лимфе само у правцу срца. Зид капилара састоји се само од ендотела.

Ток лимфе ка срцу је пасиван и спор. Њега омогућују скелетна му-скулатура својом контракцијом и негативан притисак грудне дупље. За време сна ток лимфе је јако успорен, наступа скоро потпуни застој, који се уочава подбулошћу лица, нарочито очних капака. Ток лимфе може се знатно убрзати правилно примењеном масажом и дубоком инспирацијом, која повећава негативни притисак у грудној дупљи. Правилно примењена масажа после напорних такмичења брзо одстрањује из мишића међућелијску течност и лимфу. Мишићи се ослобађају отпадака метаболизма и постају поново способни за своју оптималну функцију.

Лимфни чворови (*Nodi lymphatici*)

Лимфни чворови или жлезде су органи величине од зрна проса до лешника. Они се обично удружују и образују пакете, који су укључени у ток крупнијих лимфних судова. Дуж њихове периферије улазе доводни лимфни судови, који доводе лимфу из одређених предела и органа човечјег тела. Из хилуса лимфног чвора, из места где пролазе његова крвни судови, излази одводни лимфни суд, који је знатно крупнији од доводних судова. **Грудни лимфни канал** је највећи лимфни суд човечјег тела.

6. СЛЕЗИНА (LIEN)

Слезина је орган прибора за крвоток, придодат вени порте, која га у функционалном погледу повезује с јетром. Она се налази у трбушној дупљи, у простору између пречаге, желуца и левог бубрега. Њена је улога да у човечјем телу служи као депо крви и као место где се одиграва разарање истрошених еритроцита. Поред тога, у њој се стварају бела крвна зрнца, одбрамбена тела и посебне материје, неопходне за одржавање ткива у средини која је сиромашна кисеоником.

Слезина је мек орган, тежине око 150 грама. Она има облик зрна кафе и на њој се разликују спољна и унутрашња страна, горња и доња ивица и два пола, предњи и задњи. Спољна је страна слезинеконвексна и налаже уз пречагу. Њена унутрашња, равна страна има три поља, која налажу на задњу страну желуца, на предњу страну левог бубрега и на леви угао колоне. На њеном желудачном пољу налази се хилус, кроз који пролазе слезинска артерија и вена.

Слезина је дуга 15 цм, широка 8 цм и дебела 3 цм, и одговара приближно величини шаке. Она може да се пипа испод левог ребарног лука, само у случају, ако је повећана услед неког обољења.

6. НЕУРОЛОГИЈА

Код **нервног система** разликујемо два дела:

1. **централни део** (мозак и кичмена мождина - смештен у лобањској дупљи и кичменом каналу) и
2. **Периферни део** (живци - који повезују централни нервни систем са свим деловима човечјег тела).

Човеков нервни систем **регулише функције свих органа, координира** их и усклађује њихов однос као целине према спољној средини. Веома брзо реагује на надражаје, које прима преко рецептора из спољне средине или из неког органа и рефлектује надражаје у виду импулса ка одређеним органима, као ефекторима.

1. Део нервног система који реагује на надражаје из спољне средине, на њене промене назива се **соматични (анимални) нервни систем**, чије се функције одвијају се **под контролом воље и свести човека**, односно коре великог мозга.
2. Други део нервног система који се назива **вегетативни, висцерални (аутономни) нервни систем** делује углавном **ван контроле и свести човека**. Он прима надражаје из унутрашњих органа и крвних судова и шаље импулсе као истим или другим органима.

Симпатикус и парасимпатикус су два функционално антагонистичка дела вегетативног нервног система, који појачавају или смањују функције органа у циљу координације и усклађивања човечјег тела као целине у односу на његову унутрашњу и спољну средину.

Нервни систем **представља функционалну целину**, а ове поделе на централни и периферни, као и на соматични и вегетативни су практичне природе и учињене су само ради лакшег упознавања његове грађе и разумевања његове функције

Састав и грађа нервног система

Нервни систем састоји се углавном из нервног ткива. **Сиву масу централног нервног система** (*substantia grisea*) образују **тела неурона** и његови протоплазматични продужеци својим удруживањем, која се уочава на пресецима мозга и кичмене мождине.

Сива маса може бити у виду компактних слојева и стубова или у виду острваца, једара (*nuclei*), која су окружена белом масом. Изван централног нервног система тела нервних ћелија образују нервне чворове, ганглионе, који су прикључени појединим живцима.

У централном нервном систему неурони сиве масе групишу се и образују **мождане центре**, који регулишу функције одређених органа. У функционалном погледу мождани центри се деле на више и ниже. Виши центри контролишу и регулишу рад нижих центара.

Белу масу нервног система (*substantia alba*) граде **неурити неурона**, који су обавијени беличастим, мијелинским омотачима. Неурити или нервна влакна се удружују и у централном нервном систему образују **мождане путеве**, који спроводе надражаје од једног центра ка другоме. Када напусте централни нервни систем, они добијају још један омотач, састављен од неуроглије, групишу се и образују **снопове живаца**.

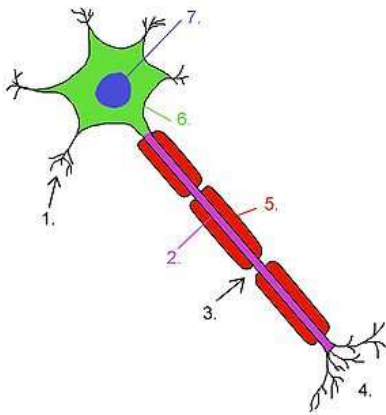
Прелаз раздражења омогућује присан контакт (*sinapsa*) између неурита аферентног и дендрита еферентног неурона.

Опште функционалне одлике

Нервне ћелије, чији укупан број износи око 16 милијарди, удружују се и образују велики број **рефлексних лукова**, основних функционалних јединица грађе нервног система. Најпростији, елементарни рефлексни лук образују два неурона, **аферентни сензитивни неурон** (који прима од рецептора надражај из спољне средине или из неког органа и спроводи га ка централном нервног систему) и **еферентни моторни неурон** (који преносе импулсе из централног нервног система до ефекторних органа).

Нерви и њихови завршеци

Живци се састоје од **неурита**, који су обавијени мијелинским и глијалним омотачима. Поред тога, они садрже и сива амијелинска влакна, која припадају симпатичком нервног систему. Њихови неурити су повезани мрежастим везивним влакнима у снопове, који су обавијени везивним ткивом. Спољни везивни омотач садржи крвне и лимфне судове живца. Својим наставцима он причвршћује живац уз околне органе. Између суседних живаца постоје често **спојнице (анастомозе)**. Оне садрже снопове неурита, који се одвајају од једног живца и прикључују другоме.



1. дендрит
2. аксон
3. Ранвијеова сужења (чворови)
4. терминални завршеци аксона
5. мијелински омотач
6. тело неурона
7. једро

Слика 100. Мултиполарна нервна ћелија кичмењака

У погледу пута и правца живци се понашају исто као и артерије, пружају се праволинијски и иду најкраћим путем до органа који оживчавају. Заједно с артеријама, с којима образују неуроваскуларне снопове предела човечјег тела, они су постављени дубоко и обично прелазе оном страном зглобова на коју се врши прегинање, да би избегли истезање.

Према **правцу спровођења** раздражења нерви се деле на:

- Еферентне живце**, у које спадају **моторни** (оживчавају мишићно ткиво) и **секреторни живци** (оживчавају жлезде).
- Аферентне живце**, у које спадају **сензитивни** (спровode општи сензибилитет, додир, температуру и бол) и **сензоријелни живци** (примају надражаје из рецептора високо диференцираних чулних органа).

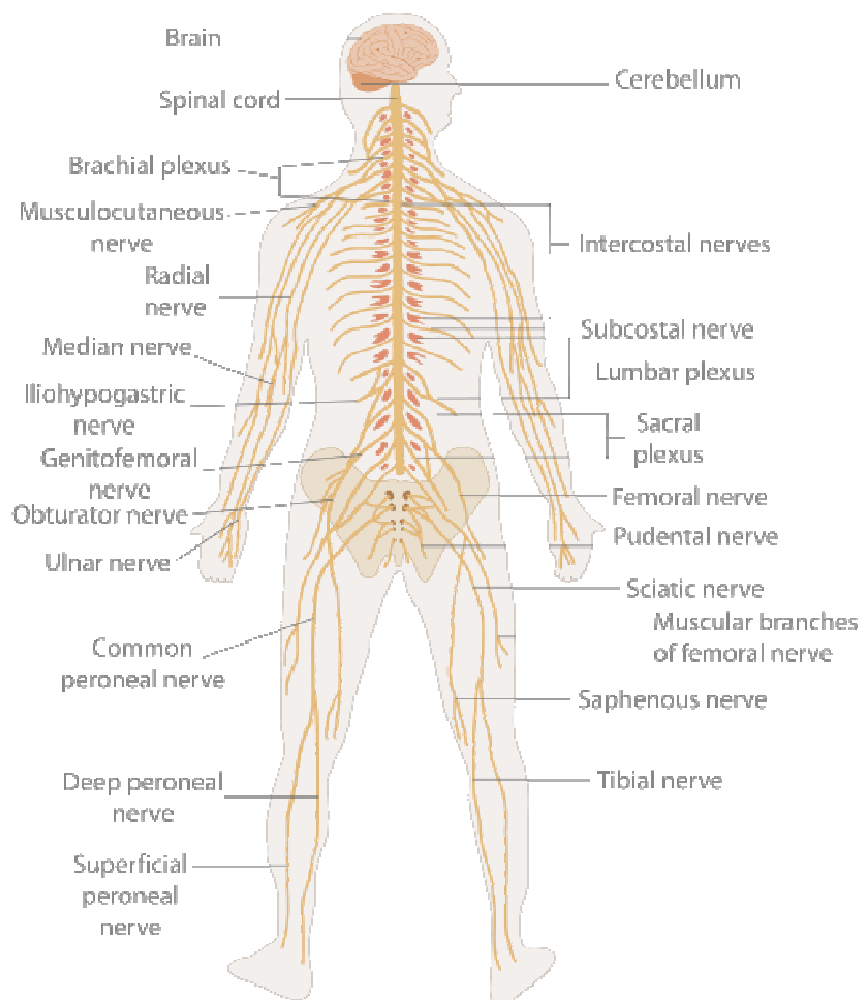
Централни нервни систем (systema nervosum centrale)

Централни део соматичног и вегетативног нервног система представљају:

1. *Кичмена мождина (medulla spinalis)*
2. *Мозак (encephalon)*

Границу, између ова два система, означавају коренови првог кичменог живца или лукови атласа.

Централни део вегетативног система налази се дубоко, уз централну шупљину кичмене мождине и мозданог стабла. Површније од њега налази се централни део соматичног или анималног нервног система.

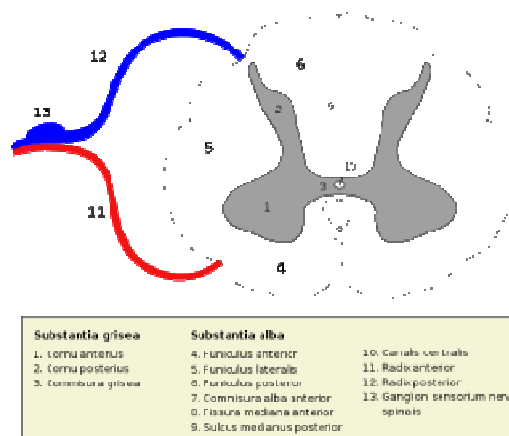


Слика 101. Нервни систем

1. КИЧМЕНА МОЖДИНА (MEDULLA SPINALIS)

Кичмена мозина код одраслог човека се пружа само до висине 2. слабинског пршљена. Она има облик цилиндричне врпце дебљине око 10 мм. која је лако спљоштена у сагиталном смеру и задебљана у близини својих крајева. Њена задебљања, вратно и слабинско, одговарају кореновима нерава за горњи и доњи уд.

Кичмена мозина је помоћу два средишна жлеба, предњим и задњим, подељена у две симетричне половине. Задњи је жлеб (*sulcus medianus posterior*) узан и плитак, а предњи је у виду дубоке пукотине (*fissura mediana anterior*). Бочном страном кичмене моздине силазе два плитка жлеба, предњи и задњи (*sulcus lateralis - anterior et posterior*) у висини којих избијају предњи и задњи коренови кичмених живаца.



Слика 102. Кичмена мозина: - предњи рог кичмене моздине; 2- задњи рог кичмене моздине; 4, 5, 6- предња, бочна и задња врпца; 8- *fissura mediana anterior*; 9- *sulcus mediana posterior*; 10- централни канал; 11- предњи корен кичм. нерва; 12 - задњи корен кичменог нерва; 13 - *ganglion spinale*

Сива маса (substantia grisea)

Сива маса постављена је дубоко, око централног канала кичмене моздине (*canalis centralis*). На попречном пресеку она има облик слова „X“ и на њој се разликују средишна спојница и два рога, предњи и задњи. Њени рогови су, у ствари, попречни пресеци одговарајућих стубова сиве масе кичмене моздине.

Предњи рог (cornu anterius) је кратак а широк. Он садржи крупне мултиполарне нервне ћелије, које се удружују и образују **моторне центре** за групе скелетних мишића одговарајућих предела човечјег тела. Од његовог врха полазе влакна предњег, моторног корена кичменог живца.

Задњи рог (cornu posterius), који садржи такође крупне мултиполарне неуроне, узан је и дуг. Он је једним сужењем подељен у два дела, базу и врх. У бази се налазе **центри за дубоко-проприоцептивни сензибилитет**. У медијалном делу базе, у висини грудних и горњих слабинских сегмената налази се крупно једро (*nucleus thoracicus*), у коме се завршавају периферни неурони рефлексног дубоког сензибилитета. У врху задњег рога налазе се центри за површни, екстероцептивни сензибилитет. Врх задњег рога, идући к површини кичмене моздине, наставља се желатинозном супстанцијом, која садржи велики број неуроглија и ситне неуроне. Медијално од овог дела пролазе влакна задњег, сензитивног корена кичменог живца.

Сива спојница, која се састоји од ситних нервних ћелија, садржи центре аутономног, висцералног нервног система. У њеном медијалном делу вентрално су висцеромоторни, а дорзално висцеросензитивни центри. У латералном делу сиве спојнице налазе се центри симпатичког и парасимпатичког дела аутономног нервног система.

Бела маса (substantia alba)

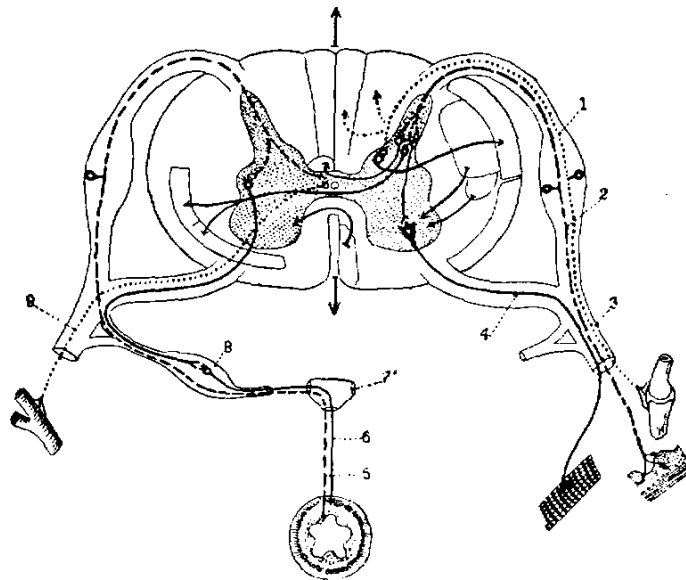
Бела маса кичмене мождине подељена је роговима сиве масе и кореновима кичменог живца у три врпце, предњу, бочну и задњу. Предње врпце су међусобно повезане белом спојницом, за разлику од задњих, које су потпуно одвојене глијалном преградом. Врпце кичмене мождине садрже дуге и кратке мождане путеве. Дуги, пројекциони путеви задње врпце су сензитивни, у предњој врпци се налазе моторни, а у бочној помешани, сензитивни и моторни.

Кичмени живци (n. spinalis)

Од кичмене мождине полази 31 пар живаца, од којих су 8 вратних, 12 грудних, 5 слабинских, 5 крсних и 1 тртични.

Кичмени живац је кратак и избија из бочних жлебова кичмене мождине помоћу два корена, који се пружају упоље и спајају при пролазу кроз међупршљенски отвор кичменог стуба (*foramen intervertebrale*). Он пролази кроз међупршљенски простор и дели се у две гране: предњу и задњу. Предњи корен садржи моторна, а задњи сензитивна нервна влакна. Задњем корену придодат је ганглион (*ganglion spinale*), који садржи биполарне неуроне. У спиналном ганглиону налазе се и неурони вегетативног нервног система.

Кичмени живац и одговарајући део кичмене мождине представљају њен сегмент, односно елементарни, **најпростији део централног нервног система** у морфолошком и функционалном погледу.



Слика 103. Грађа кичмене мождине. Лево соматични рефлексни луци, а десно вегетативни рефлексни луци. 1. Аферентни неурон дубоког сензибилитета (проприоцептиве). 2. Аферентни неурон површног сензибилитета (екстероцептивни). 3. N. Spinalis. 4. Еферентни - моторни (соматични) неурон - 5. Аферентни вегетативни неурон (интероцептивни) - 6. Еферентни вегетативни неурон (моторни) за органе утробе - 7. Преткичмени ганглион - 8. Ганглион truncus sympathicus-a - 9. Еферентни вегетативни неурон за крвне судове

2. МОЗАК (ENCEPHALON)

Мозак у ширем смислу представља део централног нервног система, који се налази у лобањској дупљи. Он је у облику овоида чији је ужи крај окренут напред, ка чеоној кости и састоји од 5 главних делова:

1. **Продужена моздина** - центар важних рефлексних процеса
2. **Средњи мозак** - регулише напетост мишића, рефлексно успоставља и одржава положај тела
3. **Мали мозак** - средиште органа за равнотежу, контролише вољне и усклађује рефлексне покрете
4. **Међумозак** - најважнији вегетативни центри
5. **Велики мозак** - центар за интелигенцију (памћење, мишљење, учење и контролу понашања)

1. **Продужена моздина (*medulla oblongata*)** - центар важних рефлексних процеса, има облик зарубљене купе, врхом окренутим на доле. Она је наставак кичмене моздине од висине коренова 1. вратног живца и пружа се навише до средине базиларног жлеба где прелази у мождани мост.

Мождани мост (*pons*) је задебљане можданог стабла, које проузрокују попречна влакна (путеви) испод којих се провлачи мождано стабло. Продужена моздина и мождани мост представљају интракранијални наставак кичмене моздине.

Продужена моздина и мождани мост се настављају средњим мозгом и скупа сачињавају мождано стабло, које повезује мали мозак (*cerebellum*) и предњи мозак.

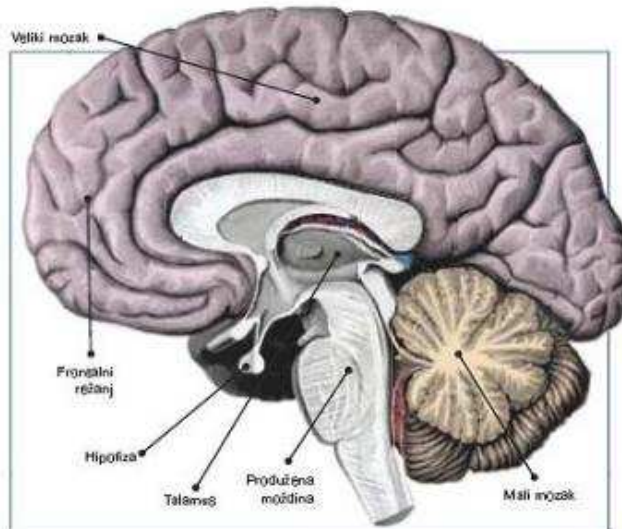
2. **Средњи мозак (*mesencephalon*)** регулише напетост мишића, рефлексно успоставља и одржава положај тела. Наставља мождани мост навише.

3. **Мали мозак (*cerebellum*)** је средиште органа за равнотежу, контролише вољне и усклађује рефлексне покрете, налази се иза можданог моста и продужене моздине, а састоји се из средишњег дела и два бочна дела - хемисфере. Сива маса образује кору малог мозга и једра, а белу масу чине аферентни и еферентни путеви.

4. **Међумозак (*diencephalon*)** се налази између леве и десне хемисфере великог мозга и садржи најважније вегетативне центре. Он има два основна дела: горњи (таламус) и доњи (хипоталамус).

5. **Велики мозак (*telencephalon*)** је центар за интелигенцију (памћење, мишљење, учење и контролу понашања) и његова просечна тежина износи око 1.350 грама. Подељен је на две симетричне хемисфере, које су међусобно спојене. Сива маса великог мозга образује кору хемисфере, која се у функционалном погледу дели на поља у којима се налазе одговарајући центри:

- a. **Моторни центри**, који регулишу елементарне вољне покрете човека.
- б. **Сензитивни центри**, који врше анализу и синтезу примљених надражаја из примарног центра.
- в. **Сензоријелни центри** у којима се налази елементарни центри за вид, слух, мирис и укус.



Слика 104. Мозак човека

ФИЗИОЛОГИЈА

1. УВОД

Основни појмови у физиологији

Физиологија (гр.: *φυσιολογια*) је наука о процесима који су својствени живом организму и припада биолошким наукама. Физиологија се бави:

- проучавањем грађе, развитка и делатности живих организама,
- проучавањем функција различитих органа, ткива и делатности организма као целине,
- проучавањем узајамних веза и међусобног дејства различитих делова организма.

Физиологија је у уској вези с морфологијом, анатомијом и хистологијом, али док морфологија и анатомија описују поједине органе и изучавају њихову структуру, физиологија проучава њихове **функције**, тј. чему служе ти органи. У новије време граница између физиологије и анатомије се све више губи и у низу питања готово се преливају се једна у другу.

Пошто се физиологија служи експерименталним методама физике и хемије, то је она органски везана с биохемијом и биофизицом.

Физиологија се дели на:

- а. Општу физиологију*, која се бави се општим законима живота;
- б. Специјалну физиологију*, која изучава специфичне процесе животињских и биљних организама и дели се на:
 - **Физиологију биља** (*фито-физиологија*),
 - **Физиологију животиња** (*зоо-физиологија*), која обухвата и
 - **Физиологију човека**, која се сматра и као засебна научна област.

Физиологија човека проучава процесе који се одигравају у човековом организму, како у мировању тако и при различитим облицима делатности човека и при дејству различитих услова околне средине на њега.

На почетку свога развоја физиологија је била тесно везана с медицином. За разумевање процеса који се одигравају у болесном организму и за правилно лечење неопходно је знати делатност здравог организма.

Физиологија има велики значај и у профилакси - предупређењу обољења. Многи закључци **хигијене** заснивају се на подацима које је добила физиологија. Тако се нпр. најважнији део хигијене о рационалној исхрани заснива на физиолошким подацима из варења и промета материје.

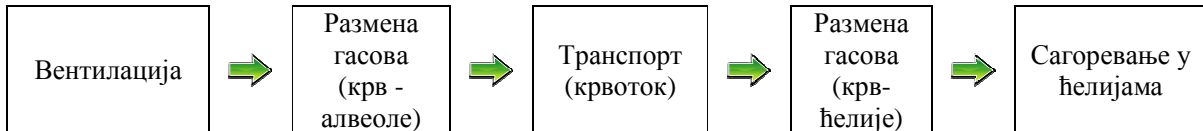
На основу резултата физиолошких испитивања о утицају спољашње средине на организам, разрађена су хигијенска стања о оптималним метеоролошким условима за човека како у стању мировања, тако и при различитим делатностима.

Врло важан задатак физиологије је испитивање делатности организма при различитим облицима **физичког вежбања**, а посебно **спорта**. Позитиван утицај физичког вежбања, а тиме и спорта на физички развитак човека је ван сваке сумње. Пред физиологијом стоји актуелни задатак стране проучавања човека у циљу постављања најефикаснијих метода тренирања и развијања снаге, издржљивости, „челичења“ и окретности, који повећавају отпорност организма, његову радну и одбранбену способност.

2. ДИСАЊЕ

Дисање или **респирација** (лат.: *respiratio*) је процес размене гасова између организма и околине. Дисањем се организму доставља кисеоник неопходан за метаболичке процесе, а из њега одводи угљен-диоксид као један од продуката ових процеса.

Дисање започиње **проветравањем плућа (вентилација)**, наставља се **разменом гасова** између крви и алвеарног простора, **транспортом гасова** путем крвотока до места **размене гасова** између крви и ћелија и у крајњој фази завршава **сагоревањем** органских материја у ћелијама у циљу ослобађања енергије (ткивно дисање).



Слика 105. Шематски приказ процеса дисања

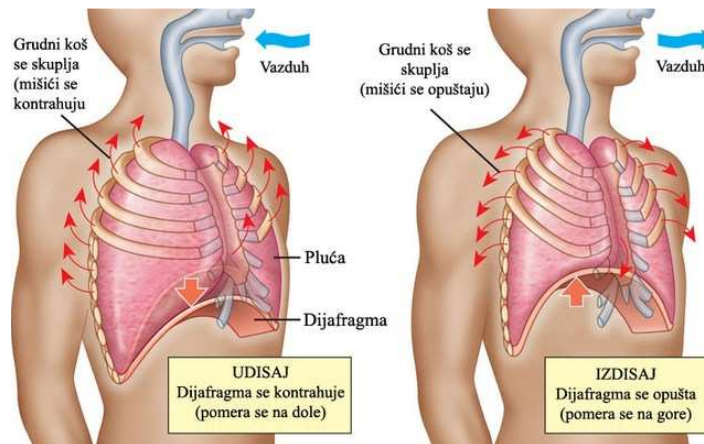
Плућна вентилација

За успешну **размену гасова** у плућима неопходно је константно проветравање - вентилација **плућних мехурића (алвеола)**. Вентилација плућа остварује се ширењем грудног коша и спуштањем пречаге (дијафрагме) чија се купола спушта и до 10 цм при дубоком удисају, чиме се у проширена плућа уводи атмосферски ваздух који долази до алвеола - **удисај (inspirium)**. Скупљањем грудног коша и подизањем дијафрагме плућа се скупљају и из њих се избацује ваздух обогаћен угљен-диоксидом – **издисај (expirium)**.

Механизам удисања и издисања могућ је захваљујући специфичној анатомији плућа. **Висцеларна плеура** (плућна марамица која покрива плућа са којима је срасла) налаже на **паријеталну плеуру** (плућна марамица која је срасла са унутрашњом површином грудног коша) тако да се у зависности од кретања грудног коша и плућа шире или скупљају. Између плеура (**интерплеурални простор**) налази се танак слој вискозне течности који спречава трење. У том простору се одмах након рођења (**први удисај**) формира притисак мањи од атмосферског (негативан притисак).

У стању повећане физичке активности се **током удисаја**, осим дијафрагме која се спушта и заравњује, активирају и међуребарни мишићи (*intercostales externi*) и *mm. scaleni*, чијом се контракцијом врши ротација ребара са померањем у страну и према горе.

Запремина грудног коша се повећава, притисак у плућима постаје нижи од атмосферског што омогућава да се плућа напуне ваздухом.



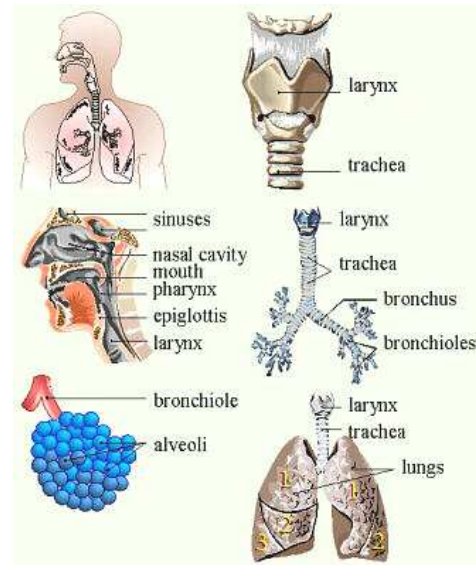
Слика 106. Удисај и издисај

Приликом издисаја, из плућа се избацује ваздух богат угљен-диоксидом. У мировању, издисај је пасиван процес који се остварује опуштањем (релаксацијом) инспираторних мишића, тј. мишића ангажованих приликом удисаја. Захваљујући еластичној сили, плућа се скупљају ка свом корену и њихова запремина се смањује. Приликом јачег физичког напора, додатно истискивање ваздуха помажу својом контракцијом и унутрашњи међуребарни мишићи (*mm. intercostales interni*) као и трбушни мишићи (*mm. abdominales*).

Дисајни путеви

Ваздух из спољне средине, на свом путу до алвеола пролази кроз дисајне путеве. Ваздух улази кроз *уста* и *нос*, пролази кроз *душник* (*trachea*), *душнице* (*bronchus*) а затим путем *терминалних бронхиола* долази до *алвеола*.

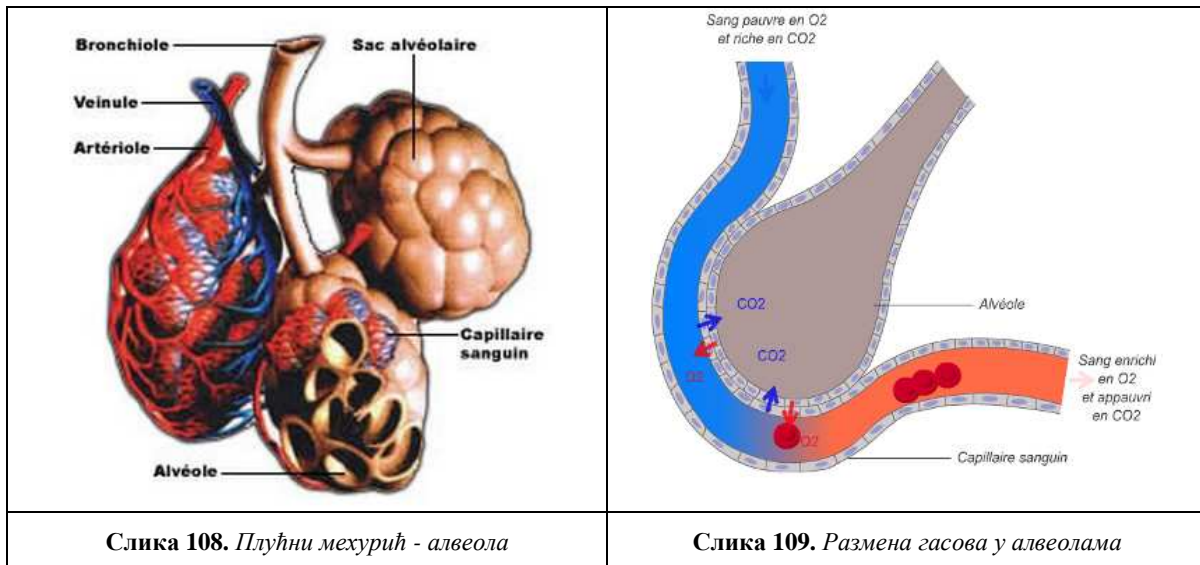
Приликом проласка кроз дисајне путеве, ваздух се загрева, влажи и пречишћава (на епителним ћелијама слузнице). Дисајни путеви, изузимајући бронхиоле, не учествују у размени гасова.



Слика 107. Дисајни путеви

Респираторна површина

Размена гасова обавља се у *плућним мехурићима* – *алвеолама* (*alveolus*, *alveoli* - *мн*). Плућа одраслог човека садрже око 300 милиона алвеола. Њихова укупна површина износи између 60 и 80 квм, односно, површина 35x већа од површине коже.



Зид алвеоле сачињава само један слој ћелија, истоветно зидовима крвних судова - капилара, што омогућава брзу размену гасова. Алвеоле (70% њихове површине) су прекривене - прокрвљене фином мрежом капилара. У току једног минута, при нормалном дисању у миру, у крв уђе око 250 мл. кисеоника док у шупљину алвеола изађе око 200 мл. угљен-диоксида.

Регулација и контрола дисања

Плућна вентилација врши се променама у дубини и учесталости дисања. Боља вентилација постиже се повећањем дубине дисања (*hiperprnea*) која у комбинацији са убрзаним дисањем (*tahipnea*) доводи до повећања вентилације алвеола (хипервентилација). Регулација вентилације врши се преко нервних и хуморалних механизма.

Нервна контрола дисања

Центар за дисање налази се у продуженој моздини и састоји се од инспираторног и експираторног дела. Неурони из инспираторног дела поседују аутоматизам да ритмички шаљу импулсе преко интеркосталних нерава (за међуребарне мишиће) и *n. frenikus-s.* (за дијафрагму). Контракција пречаге и спољашњих међуребарних мишића доводи до ***ширења плућа (удисај)***.

Престанак пражњења неурона овог центра доводи до релаксације мишића и до ***скупљања плућа (издисај)***. Инхибицију ових неурона подстиче пражњење неурона експираторног дела дисајног центра. Поред тога, инхибицију инспираторних неурона потпомажу импулси који долазе из рецептора у бронхиолама (реагују на истезање). Издисај је, као што је познато, пасиван феномен (плућа се скупљају захваљујући еластичној сили и спуштању ребара), али при форсираном издисају могу да се активирају и помоћни експираторни мишићи (унутрашњи међуребарни мишићи и трбушни мишићи).

Дисајни центар има и надређене центре у мозданом мосту (*pons*) као и у кори великог мозга (вољна контрола дисања). Вентилација плућа је једина функција нашег организма која поседује и аутоматску и вољну контролу. Овај податак је од великог значаја у покушајима да се вољно успостави контрола вегетативних реакција нашег тела (аутогени тренинг, јога, итд.).

Хуморална контрола дисања

Физичко-хемијске особине крви (температура, киселост, P_{O_2} , P_{CO_2}), која протиче кроз респираторни центар могу значајно утицати на процесе вентилације алвеола. Респираторни центар и хеморецепторе стимулише пораст киселости, температуре, као и P_{CO_2} крви као и пад P_{O_2} крви. На пример, боравак на планинама, где је парцијални притисак кисеоника у ваздуху снижен, доводи до пада P_{O_2} у крви, што делује као веома снажан стимулус за хипервентилацију.

Угљендиоксид, по свему судећи, не делује директно, већ преко промене киселости крви (пораст P_{CO_2} доводи до пораста угијене киселине - H_2CO_3 - у крви). У миру P_{CO_2} представља главни регулатор вентилације. Боравак у просторији која се не вентилише, и где је повишен ниво CO_2 у ваздуху, има као последицу појаву хипервентилације.

Хипервентилација, која прати свако физичко напрезање, не може се просто објаснити горе наведеним чињеницама. Правила која важе у миру не могу се стриктно применити на спортску активност.

Данас се сматра да механорецептори из зглобова тетива и мишића, као и утицај коре великог мозга (антиципаторни - предвиђајући фактор) играју битну улогу при појави хипервентилације на старту активности. Дуготрајна регулација се осигурава преко температуре крви. Пораст температуре крви не настаје одмах, али касније овај фактор представља главни стимулус за дисајни центар. Присуство рецептора у самом срцу, који реагују на повећани доток крви и доводе до хипервентилације, указује на тесну везу у функционисању дисајног и кардиоваскуларног система.

Дисајни волумени и капацитети

До сада нису утврђене битније разлике у начину дисања у зависности од пола и старости. У лежећем положају преовладава трбушни - абдоминални тип дисања, док се у усправном положају дише грудима.

Уз помоћ специјалних мерних апарата (*спирометар*) могуће је мерити дубину и учесталост (фреквенцију) дисања. Нормално дисање назива се *eupnea*, а убрзано дисање назива се *tachypnea*.

Продубљено дисање назива се *hiperpnea*, али се у спортског терминологији користи израз *хипервентилација*, да би указао на повећану вентилацију алвеола и размену гасова.

За остваривање ефикасног дисања и повећање размене гасова потребно је повећати и дубину и фреквенцију дисања. Уколико дође до изолованог повећања фреквенце дисања не постиже се жељени ефекат, а такво дисање се назива *површно дисање (дахтање)*.

Дисајни волумен (ДВ) представља запремину ваздуха (изражену у литрима) која се издахне односно удахне током једног дисајног циклуса (удисај-издисај) у било којим условима.

Мировни дисајни волумен (МДВ) представља запремину ваздуха која се издахне односно удахне током једног дисајног циклуса (удисај-издисај) у стању мировања. МДВ одрасле здраве особе креће се у распону од 0.4 до 1.0 литара.

Инспираторни резервни волумен (ИРВ) представља запремину ваздуха коју додатно максимално удахнемо након нормалног удисаја. ИРВ одрасле здраве особе креће се у распону од 2.5 до 3.5 литара.

Експираторни резервни волумен (ЕРВ) представља запремину ваздуха коју додатно максимално издахнемо након нормалног издисаја. ЕРВ одрасле здраве особе креће се у распону од 1.0 до 1.5 литар.

Форсирани витални капацитет (ФВК) представља запремину ваздуха која се избаци из плућа након максималног удисаја при максималном издисају (или обрнуто). Нормалне вредности ФВК за одрасле мушке особе износе 4-5 литара и 3-4 литара за женске. Највиша измерена вредност ФВК износила је 8 литара (активни спортиста), а претпоставка да су овако високе вредности последице генетских фактора. ФВК се изражава следећом формулом: $ФВК = МДВ + ИРВ + ЕРВ$

Резидуални волумен (РВ) представља количину ваздуха која остаје у плућима и након максималног издисаја (1.0-1.5 литар). РВ се старењем повећава (опадају ИРВ и ЕРВ) из разлога смањења еластичности плућног ткива. Током физичког напрезања-активности РВ се повећава због сужавања бронхиола и повећања екстравакуларне течности у плућном ткиву.

Тотални плућни капацитет (ТПК) представља збир форсираног виталног капацитета и резидуалног волумена: $ТПК = ФВК + РВ$

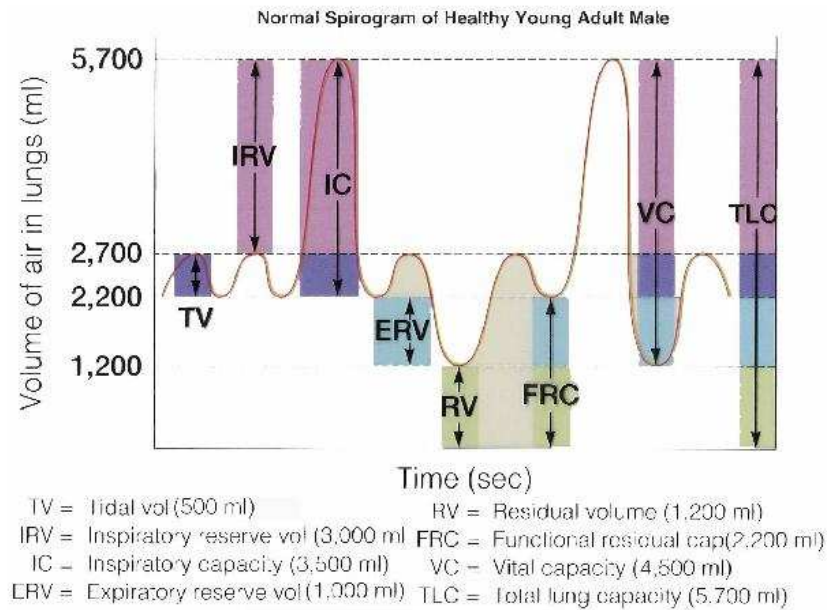
Функционални резидуални капацитет (ФРК) представља суму познатог експираторног резервног волумена и непознатог резидуалног волумена: $ФРК = ЕРВ + РВ$

Дисајни минутни волумен (ДМВ) представља количину ваздуха која се вентилише у току једног минута и изражава се формулом:

$ДМВ = МДВ \times ФД^1$ (Пример: $МДВ = 0.5$ литара ; $ФД = 12$ удисаја у минути; $ДМВ = 0.5 \times 12 = 6$

¹ Фреквенција дисања

литара).



Слика 110. Спирограм одраслог здравог мушкарца

Анатомски и физиолошки «мртав» простор

Простор у коме се не врши размена гасова назива се „мртав простор“. Анатомски мртав простор налази се у дисајним путевима (нос, уста, гркљан, душник и душнице) и износи око 30% мировног дисајног волумена (150-200 мл). Физиолошки мртав простор представља онај део респираторне површине где се из различитих разлога (лоша прокрвљеност алвеола, лоша вентилисаност) не врши размена гасова.

У стању мировања нису активне све алвеоле али током физичке активности број активних алвеола почиње да расте и долази до тзв. „другог даха“, тачније до елиминације физиолошки мртвог простора.

Размена гасова у плућима

Током дисања, у организам се путем органа за дисање уноси атмосферски ваздух. Атмосферски ваздух у себи садржи око 79% азота (N), 20.5-21% кисеоника (O₂) и мали проценат угљен-диоксида (CO₂). Атмосферски притисак ваздуха при нормалној влажности на нивоу мора износи 1 атмосферу, односно подиже стуб живе (Hg) на висину од 760 мм.

Сваки од гасова, азот, кисеоник и угљен диоксид испољава свој (различит) „парцијални притисак“² (P) који се разликује од нормалног атмосферског притиска. Уласком у плућа, атмосферски ваздух бива засићен воденом паром тако да парцијални притисци опадају. Осим парцијалних притисака на размену гасова утиче и њихова растворљивост у води. Угљен-диоксид се боље раствара од кисеоника тако да ће се у крви растворити исте количине CO₂ и O₂ (за разлику од азота -N₂, који је мало растворљив).

² Азот - $P_{N_2} = 600 \text{ mmHg}$ (79% од 760 mmHg); кисеоник - $P_{O_2} = 159 \text{ mmHg}$ (21% од 760 mmHg), и угљендиоксид - $P_{CO_2} = 0,2 \text{ mmHg}$ (0,03% од 760 mmHg).

У стању мировања, кисеоник у алвеолама има виши парцијални притисак (PO_2) од оног у венској крви која улази у плућа, што омогућава дифузију кроз алвео-капиларну баријеру и растварање. На овај начин венска крв обогаћује се кисеоником који се допрема до ткива.

У ткивима се из артеријских капилара преузима кисеоника (и хранљиве материје), а венским капиларима предаје угљен-диоксид и распадни продукти. Стапањем венских капилара у венуле и вене и даље великим венама ова крв се путем крвотока враћа у плућа где се предаје CO_2 и опет преузима кисеоник.

За разлику од кисеоника, парцијални притисак угљен-диоксида (PCO_2) у венској крви је већи од оног у алвеолама. Иако разлика притисака није велика као у случају кисеоника, размена угљен-диоксида је такође врло брза захваљујући бољој растворљивости угљен-диоксида (CO_2 има 25х већу растворљивост од O_2). Процес размене гасова у плућима обави се за мање од једне секунде.

Током физичке активности количина крви у плућима може се повећати и до 3 пута али је праћена смањењем брзине протока крви због проширења (вазодилатације) крвних судова плућа. Добра прокрвљеност и повећана фреквенција дисања обезбеђују висок ниво размене гасова.

Размена гасова у ткивима

Процес размене гасова у ткивима одвија се на супротан начин од оног у плућима. Пошто се кисеоник стално троши, његов парцијални притисак у ћелијама је релативно мали (у миру износи око 40 mmHg). Стога кисеоник веома брзо улази у ћелије.

Ткивни притисак CO_2 је већи у ткивима (у миру износи око 46 mmHg) него у артеријском делу капилара (у миру износи око 40 mmHg). Због тога CO_2 напушта ћелије и одлази венском крви према плућима. Стога је PCO_2 у венском делу капилара виши него у артеријском делу и достиже вредности од око 45 mmHg.

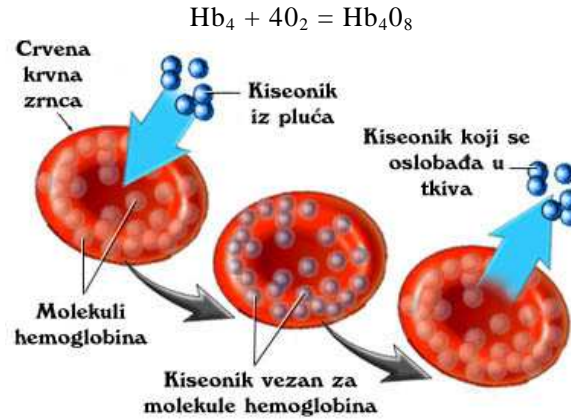
Са повећањем интензитета физичког рада, повећава се и потрошња кисеоника од стране мишићних ћелија. Истраживања су показала да, током максималног физичког напрезања, парцијални притисак кисеоника у мишићним ћелијама пада на само 2-3 mmHg. Парцијални притисак угљендиоксида, при том, расте и до 90 mmHg.

Разлика у притисцима се повећава са порастом интензитета рада, што олакшава размену гасова дифузијом кроз мембране мишићних ћелија и капилара. Кисеоник врло брзо улази у ћелије, а угљендиоксид прелази у крв. Венска крв се, потом, враћа у плућа где се поново оксигенизује и ослобађа вишка угљендиоксида.

Пренос кисеоника путем крви

Кисеоник се само делимично преноси растворен у течности (1 литар крви садржи само 3 ml раствореног кисеоника). Ова мала количина ипак је важна јер учествује у регулацији дисања. Скоро 70 пута више O_2 бива транспортовано у споју са хемоглобином, беланчевином плазме која садржи гвожђе.

Пошто 1 литар крви садржи око 200 ml O_2 , очито да око 197 ml O_2 бива транспортовано везано за хемоглобин. Један молекул хемоглобина садржи 4 атома гвожђа који везују привремено по један молекул кисеоника:



Одрасла особа мушког пола има 15 -16 грама Hb на 100 ml крви. Код жена ова вредност је мања за око 10%, што делимично објашњава њихов нижи максимални измерени аеробни капацитет. Нормалне варијације у количини Hb не ремете значајно транспортни капацитет крви за кисеоник. Међутим, при појави анемија услед недостатка гвожђа, долази до значајног пада аеробног капацитета и до појаве замора и при благом аеробном тренингу.

Пренос угљендиоксида путем крви

Угљендиоксид је продукт разградње органских материја током енергетског метаболизма и он се путем плућа избацује из организма. По изласку из ћелија (где је његова концентрација виша него у крви) CO₂ се преноси путем крви до плућа на три начина:

- Растворен у плазми (око 5% створеног CO₂).
- У еритроцитима (60 - 80% створеног CO₂)
- Везивањем CO₂ за беланчевине крви. Угљендиоксид се везује за Hb и тако формира карбаминохемоглоб (око 20% створеног CO₂).

Дисајни волумени и капацитети и спортска активност

Високе вредности дисајних волумена и капацитета, које се могу измерити код неких спортиста, пре се могу објаснити генетским предиспозицијама него ефектом самог тренинга. Према обављеним испитивањима не постоји корелација између максималне потешке кисеоника, виталног капацитета, односно максималног дисајног волумена.

Једини спортови где су забележени повећани витални капацитети у односу на обичне људе су пливање и роњење (инспираторни мишићи су снажнији јер морају да савладају тежину воденог стуба).

Мерење плућних функција није показало велику вредност при процени ефекта тренинга и функционалних способности организма у спорту.

Респираторни систем човека поседује велике функциоанне резерве па се може закључити да није неопходно да се дисајни апарат посебно адаптира на физички рад (подсетимо се да максимална вољна вентилација, MVV, прелази за 25% вентилацију при максималном напрезању).

Појава симптома који се описују као „*зубитак даха*“ (обично на почетку или при крају напрезања), по правилу су субјективне природе. Појава тзв. „*другог даха*“ (нагло олакшање дисања када се достигне одређени степен загревања) настаје као последица активирања

неактивних алвеола и отварања прекапиларних сфинктера.

Дисајна издржљивост - тренинг издржљивости повећава издржљивост респираторних мишића, као и било ког другог мишића, повећавањем нивоа ензима аеробног ћелијског дисања у дисајним мишићима. Замор дисајних мишића, који се одражава као осећај "губитка даха" код нетренираних особа последица је нагомилавања млечне киселине у њима.

Дисање током физичке активности

За време обављања физичке активности долази до повећања потрошње кисеоника (од стране ткива која појачано раде), а уједно и до повећане производње угљендиоксида. Да би се омогућила бржа размена гасова и повећана вентилација алвеола, систем за дисање мора проћи кроз процес адаптације на новонастале услове.

У случају спортске активности умереног интензитета вентилација се повећава линеарно са повећањем потрошње кисеоника и стварања угљендиоксида. Пораст вентилације остварује се на рачун повећања дубине дисања. За сваки литар потрошеног кисеоника вентилира се 20-25 литара ваздуха. У случају физичке активности већег интензитета потребно је и повећање фреквенце дисајних покрета.

Вентилаторни еквивалент (VE/VO_2) означава однос минутне вентилације и потрошње кисеоника и у миру износи око 25/1. То значи да се за 25 литара вентилисаног ваздуха потроши 1 литар кисеоника. Овај однос се не мења све док потрошња кисеоника не пређе половину максималне потрошње. Међутим, са порастом оптерећења вредност VE/VO_2 расте и до 40 литара вентилисаног ваздуха за 1 литар потрошеног кисеоника.

Стабилно стање (steady state) означава активност при којој допрема кисеоника мишићима задовољава потребе. У тренутку када интензитет активности порасте до нивоа где аеробни метаболизам више не осигурава довољно енергије, почиње нагомилавање млечне киселине у мишићима и крви.

Лактатни праг (анаеробни праг) представља тренутак када ниво лактата у крви пређе нормалне вредности (обично 2-4 mmol/L крви). Код нетренираних особа лактатни праг се достиже веома рано (између 55 и 65% $V_{O2\ max}$), док код врхунских спортиста лактатни праг може да настати тек преласком преко границе од 80% $V_{O2\ max}$.

Максималном вољном вентилацијом (MVV), током једног минута, кроз плућа прође 140 - 180 литара ваздуха (максимална измерена вредност код једног тркача на скијама износила је скоро 240 литара). MVV код жена износи 80 - 120 литара. Све ове вредности су око 25% веће од просечних вредности измерених при максималном напрезању. То говори да наш респираторни систем поседује велике резерве и да се ретко исцрпљује до краја.

Хипервентилација је неопходна адаптација која прати спортску активност. Установљено је да и током максималног напрезања остају одређене дисајне резерве, јер су мерења показала да вентилација ни тада не прелази 85% вентилаторног капацитета (максимална вољна вентилација). Може се стога закључити да нормалне плућне функције не представља ограничавајући (лимитирајући) фактор током максималног физичког напрезања

Изузетак представљају врхунски тркачи и пливачи дугопругаши код којих долази до изузетне адаптације кардиоваскуларног и мишићног апарата који тражи повећану вентилацију. У овом случају, долази до максималног ангажовања вентилаторног система и уколико при том не дође до максимално потребне аерације крви, вентилација или размена гасова у алвеолама може се сматрати лимитирајућим фактором.

Дисање у посебним условима

Одређене спортске активности намећу посебне услове дисајном апарату. Мерења су показала да је вентилаторни еквивалент већи када доминира рад мишића руку у односу на мишиће ногу. То значи да је потребно обавити већи обим вентилације за утрошак 1 литра кисеоника од стране мишића руку у односу на мишиће ногу. Ово се може објаснити већим процентом црвених мишићних влакана у мишићима ногу у поређењу са мишићима руку, а вероватно и њиховом већом прокрвљеношћу.

Пливање је спортска активност где се удисај обавља у посебним условима. Неки стилови пливања омогућавају удисај само у моменту када се уста и нос нађу изнад воде. Сам притисак воде, као и ангажовање грудних и трбушних мишића током пливања, делују негативно на акт вентилације.

Имајући у виду ове чињенице, у спринтерском пливању спортисти прибегавају хипервентилацији одмах пред старт не би ли тиме продужили фазу задражавања даха приликом скока у воду. Овај маневар се примењује и у спортском роњењу мада са собом носи и одређене опасности са могућим трагичним последицама (губитак свести и дављење).

3. КРВ

Опште карактеристике крви

Крв, заједно с **лимфом** и **међуткивном течношћу**, представља унутрашњу средину организма човека и животиња. Нормална животна делатност ма које живе ћелије условљена је одређеним физичко-хемијским саставом средине која је окружава. Свака промена у саставу средине утиче на ћелију и изазива с њене стране одговарајућу реакцију.

Крв представља најважнији део унутрашње средине. Код човека и животиња крв је затворена у систем крвних судова и налази се у стању непрекидне циркулације. Мада је крв одељена од ткивних елемената зидовима крвних судова, ипак су у извесним деловима судовног система зидови толико танки и пропустљиви да не претстављају препреку за промет материја између крви и ткива.

Хранљиве материје (из канала за варење и кисеоник из плућа) лако прелазе у крв, а из крви у ћелије и ткива којима су потребни. Из ткива у крв прелазе продукти распадања храњивих материја - угљена киселина и азотни продукти, а такође физиолошки високоактивни продукти који се синтетишу у ћелијама, такозвани хормони.

Неке материје се крвотоком преносе ка местима њиховог излучивања из организма - ка плућима, бубрезима, знојним жлездама. Друге опет, циркулишу у крви и преносе се од једног органа на друге изазивајући у њима појачање, смањење или друге промене њихове делатности.

У разним деловима организма и у различито време крв се подвргава променама зависно од делатности различитих органа, али се крв код човека и виших животиња одликује изванредном **сталношћу свога састава**.

Колебања у саставу и физичко-хемијских својстава крви покатак су толико мала да не могу да се открију чак ни прецизним аналитичким методама. Одржавање константности састава крви као унутрашње средине је неопходна претпоставка за нормалну животну делатност ткива и потпуну сагласност рада појединих органа у интересу целог организма.

У својству опште „унутрашње средине“ за цео организам, која се уз то налази у сталној циркулацији, крв представља систем који повезује и обједињује у једну целину органе који су размештени различито далеко једни од других. Зато је крв, упоредо с нервним системом, веома важан фактор који *одржава јединство организма и условљава узајамно дејство његових елемената.*

Нарочито је велики значај крви као *заштитне баријере* од страних тела и агенаса која проузрокују болест-бактерија и њихових токсина (отрова).

Велики је значај крви такође и у процесима *терморегулације*, у којој се њена улога своди на преношење топлоте од места с повишеном производњом топлоте ка местима која одају топлоту и у изједначавању температуре у разним деловима организма.

Општа количина крви у организму човека износи просечно *1/13 телесне тежине*. Целокупна количина крви не учествује у циркулацији, пошто се део крви налази у слезини, јетри и у поткожном ткиву. Крвни депо је *слезина*.

Састав крви

Крв се састоји из:

1. *течног дела - плазме и*
2. *оформљених елемената*, односно појединих ћелија потопљених у њој.

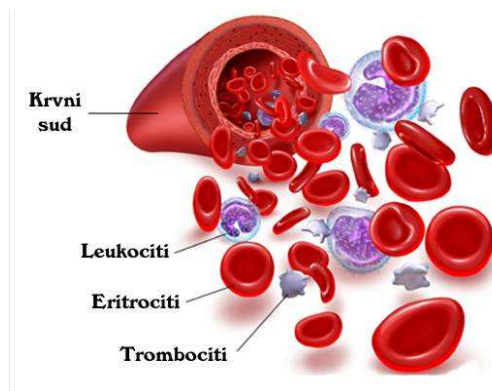
Плазму и оформљене елементе је лако одвојити једно од другог дужим остављањем на хладном или центрифугирањем. При томе се у крви образују два слоја:

- *горе*, прозачна течност жућкасте боје - *плазма*,
- *доле*, интезивно црвени слој који се састоји из велике количине *црвених крвних ћелија (еритроцити)* и незнатне количине *белих крвних ћелија (леукоцити)*.

У плазми се налази *беланчевинска материја - фибриноген*. Ако се он удаљи из крви, а затим се крв центрифугира онда се изнад оформљених елемената образује слој течности која не садржи фибриноген, која се назива *серум*.

Крвна плазма

Плазма сачињава 50-60% целокупне запремине крви. Оформљени елементи крви просечно сачињавају 40-50%. Плазма се састоји више од 90% из воде. Око 10% долази на растворене у њој органске и неорганске материје. Укупно на беланчевинске материје долази нешто више од 7%. Сем тога, у плазми се у малим количинама налазе - уреа, мокраћна киселина, кретинин, глукоза, млечна киселина и друге материје.



Слика 112. Оформљени елементи у саставу крви (Еритроцити, Леукоцити и Тромбоцити)

Осмотички (осмотски, осмозни) притисак.

Осмоза је процес *дифузије* (мешања двеју течности *разливањем, ширењем, распростирањем* кроз преграду - *полупропустљиву опну-мембрану*) којим се изједначаје концентрација двеју различитих раствора (или чисте течности и раствора).

Ако је једна од ових течности раствор, онда растворена грађа, пошто не може да прође кроз опну, врши притисак на њу, јер не може да се креће и то је *осмозни, осмотски* или *осмотички притисак*. Осмотички притисак се јавља у биљном и животињском организму где мембране ћелија имају својство полупропустљивости, а постоји разлика у концентрацији раствора унутар и изван ћелије.

Осмотички притисак плазме такође се одликује *високом сталношћу*, чији се значај састоји у томе што се расподела воде између ћелија и ткивних течности или крви одређује величином осмотичког притиска. Ово је врло важно за основне животне процесе, пошто улазак или излазак воде из ћелија мења концентрацију материја растворених у њој, па према томе мења не само брзину већ и правац хемијских процеса.

Величина осмотичког притиска зависи од количине молекула који се налазе у раствору, независно од њихове апсолутне величине. Због тога скоро сав осмотички притисак плазме долази на рачун неорганских соли. Молекули беланчевина, због своје релативно мале количине имају врло мали осмотички притисак.

Еритроцити имају полупропустљиву опну, која пропушта воду али не и соли. Осмотички притисак у унутрашњости еритроцита је исти као и у крвној плазми.

Пуфер системи

Одржавање сталности рН (пе ха) крви могуће је само захваљујући присуству пуфер - система у крви. Пуфер систем је способан да стабилизује реакцију крви и да спречи њене значајније промене, а *рН вредност* је број који служи као мера за киселост, односно базичност водених раствора. рН *неутралних раствора* једнак је 7; рН *киселих раствора* мањи је од 7; а рН *базичних раствора* већи је од 7.

Код здравог човека рН крви креће се између 7,30 и 7,40.

Пуфери су смесе којима се могу додати велике количине киселина или база (електропозитивна супстанца, која се једини са киселином и неутралише је, стварајући соли), а да име се киселост или базност(неутралност) не мења. Они штите одређено стање киселости, прихватајући и поништавајући деловање додатних киселина.

Пуферску смесу у организму стварају:

- *натријум-хидрокарбонат (бикарбонатни систем се састоји из угљене киселине и натријум бикарбоната)*
- *натријум-фосфат (образују соли фосфатне киселине) и*
- *беланчевински пуфер систем (беланчевине крви међу којима је хемоглобин најснажнији пуфер систем)*

Значај пуфер-система у регулацији реакције крви нарочито се убедљиво огледа при мишићној делатности, када у крв долази млечна киселина. При малом и средњег интензитета мишићном раду, чак веома дуготрајном, када количина млечне киселине која придолази у јединици времена у крв није сувише велика, *рН крви остаје без промена*: при томе се смањује само алкална резерва крви.

При јако интензивном мишићном раду, праћеном отпуштањем у крв знатних количина млечне киселине, механизми који регулишу киселинско-базичну равнотежу могу да се покажу као недовољни; при томе се запажа скретање реакције крви на киселинску страну- *pH се смањује*. Да нема пуфер-система у крви, онда би скретање реакције крви на киселинску страну под овим условима било 72 пута веће. По завршетку рада киселинско-базична равнотежа крви се брзо поново успоставља.

Еритроцити

Оформљени елементи крви су еритроцити, леукоцити и тромбоцити. У једном кубном милиметру крви код мушкараца има 4,5 - 5 милиона, а код жена 4 - 4,5 милиона еритроцита, 5 до 9 хиљада леукоцита и 130 до 750 хиљада тромбоцита.

Еритроцити представљају у високом степену специјализиране ћелијске творевине које су изгубиле низ својстава општих за све ћелије и које су стекле низ других специјалних одлика. Код човека су еритроцити безједарна телашца и стварају се из ћелија које имају једру, а које се налазе у црвеној коштаној сржи. Они имају облик округлог диска са задебљаним крајевима и састоје се из беланчевинско-липоидне строме, тј. ћелијског „скелета“ и садржаног хемоглобина.

Хемоглобин (Hb) је основни део чврстих материја еритроцита и представља високо молекуларну беланчевинску материју. У крви човека има до 700 грама хемоглобина. Хемоглобин се лако спаја са кисеоником и образује нестабилну материју *оксихемоглобин*. Образовање оксихемоглобина у плућима и његова редукција у капиларима великог крвотока (одвајање на кисеоник и редуковани хемоглобин) имају основну улогу у процесу дисања.

У артеријској крви се скоро сав хемоглобин налази у облику оксихемоглобина, а у венској се око једне трећине налази у редукованом облику.

Леукоцити и тромбоцити

Леукоцити су бела крвна зрнца с једрима, чија количина варира између 5.000 и 8.000 мм³. Постоји више врста леукоцита, који имају способност самосталног кретања и имају велику улогу у процесима варења и ресорпције.

Леукоцити у себе увлаче остатке ћелија и делиће несварљивих материја, као и живе ћелије бактерија, па на тај начин имају важну биолошку улогу заштите организма од продирања патогених клица, које растварају.

Осим тога они могу да производе и посебне хемијске материје -антитела, који инактивишу токсичне продукте бактерија. Када број леукоцита порасте (*леукоцитоза*) то значи да у организму постоји неки запаљив процес.

Тромбоцити су веома ситна безбојна телашца различитог облика. Они учествују у процесу *згрушавања крви (коагулација)*. Биолошки значај коагулације крви је огроман, пошто она брзо зауставља отицање крви при повреди ткива, због стварања *коагулума* који затвара повређено место.

Крвне групе

Трансфузија крви с једног човека на другог није увек безбедна, јер крв по својим биолошким својствима није иста код свих људи, према којима се сврстава у четири крвне групе.

- О** - група (универзални давалац)
- А** - група
- Б** - група
- АБ** - група (универзални прималац)

Припадност крвној групи се наслеђује и остаје током целог живота.

Лимфа

Лимфа је као и крв унутрашња средина организма и служи као посредник између крви и ткива. Састоји се од воде (94-98%), чврстих материја (2-7%) и скоро је безбојна, прозачна течност у којој се налазе лимфоцити. Она се налази у стању спорог и непрекидног кретања од ткивних међупростора ка лимфним судовима који се уливају у велике вене.

Међућелијска течност, која потиче углавном из крвних капиlara и испуњава пукотине између ћелија, омогућује размену хранљивих материја оним ћелијама које нису у директном додиру с крвним капиларима. Она прима отпатке метаболизма ћелија, пролази кроз ендотел лимфних капиlara и даље „као лимфа“ одлази лимфним судовима (*vasa lymphacea*) ка срцу. Мишићни покрети играју улогу мишићне пумпе за венски и лимфни систем.

Срце (cor)

Срце је шупаљ мишићни орган и главни орган прибора за крвоток, који у функционалном смислу представља две синхроне пумпе, које својим контракцијама дају кинетичку енергију за кретање крви кроз крвне судове. **База срца** (*basis cordis*) окренута је назад, ка кичменом стубу. На њој се налазе велики судови, артерије и вене.

Крвни судови образују два система, артеријски и венски, кроз који протиче крв захваљујући ритмичкој контракцији срчаног мишића. Прибор за крвоток, срце и крвни судови (артерије и вене), образују потпуно затворени систем опнастих канала, кроз које стално протиче крв, вршећи предају кисеоника и хранљивих материја (ткивима) и односећи њихове отпатке.

Нормално срце је тешко 270-300 грама, а приликом своје контракције истисне око 170 цм крви. Срце се храни преко система срчаних или коронарних артерија (*aa. coronariae*) које представљају прве гране аорте на њеном изласку из леве коморе.

Срце се састоји из **две преткоморе** (*atria cordis*) - **леве и десне** и **две коморе** (*ventriculi cordis*) - **леве и десне**.

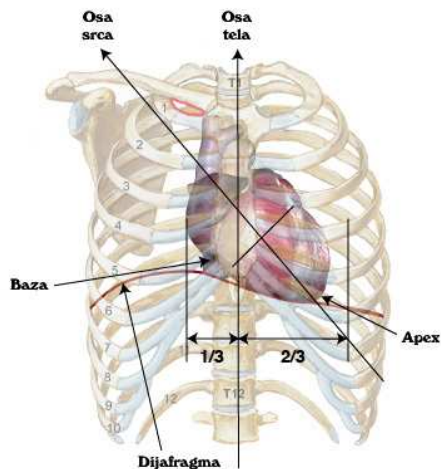
У десну преткомору, преко горње и доње плућне вене, слива се сва венска крв из тела а даље одлази у десну комору.

Из десне коморе она одлази плућним артеријским стаблом и плућним артеријама до плућних капиlara, где се врши размена гасова.

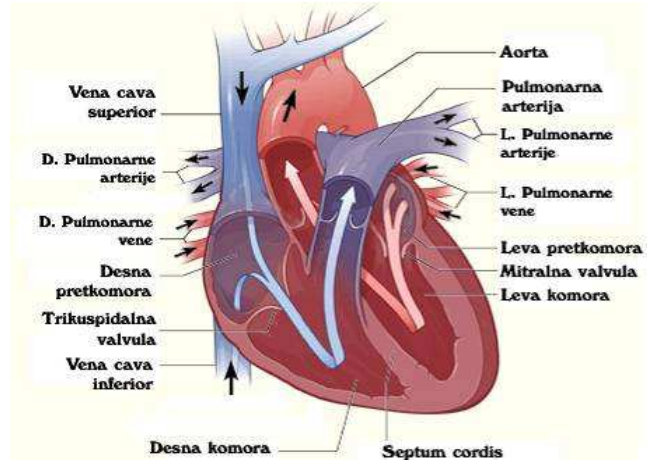
Преко алвеоларног и капиларног зида крв прима кисеоник и одаје угљендиоксид, и постаје светло црвена, артеријска. Артеријска крв се враћа плућним венама у леву преткомору.

Из десне коморе кроз плућно артеријско стабло крв се истискује у плућа, а из плућа кроз четири плућне вене у леву преткомору.

Десна преткомора и комора називају се „**десно или венско срце**“, а судовни систем који започиње у десној комори и завршава у левој преткомори назива се **мали крвоток** (*circulus sanguinis minor*). **Мали крвоток** омогућава оксигенацију венске крви.



Слика 113. Положај и оријентација срца



Слика 114. Срце - коморе и преткоморе срца у телу човека

Лева преткомора и комора чине „**лево или артеријско срце**“. Из леве коморе излази аорта, а преко ње и њених грана она одлази до ткивних капилара. Кроз танки зид капилара врши се размена материја између крви и ткива. Крв постаје мркоцрвена, венска, и враћа се венама у десну преткомору срца.

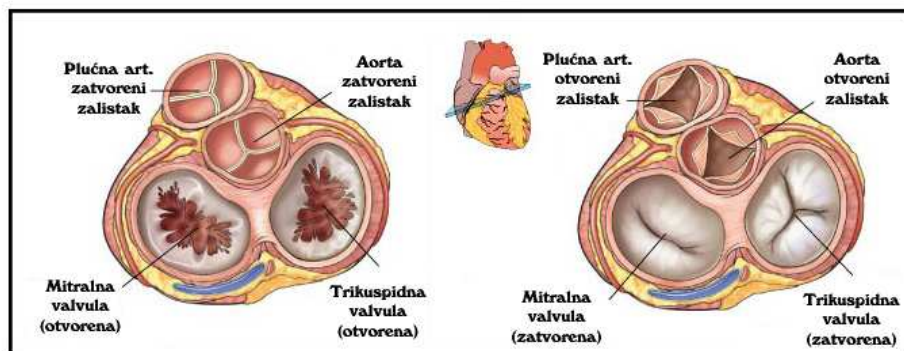
Систем судова који започиње у левој комори а завршава у десној преткомори назива се **велики крвоток** (*circulus sanguinis major*). Велики крвоток допрема кисеоник и хранљиве материје у сва ткива.

Лево и десно срце у потпуности раздваја **срчана преграда** (*septum cordis*). Између преткомора и комора налазе се отвори кроз које протиче крв.

Између десне преткоморе и коморе налази се **десни атриовентрикуларни отвор** (*ostium atrioventriculare dextrum*) и **залистак** (*valvula atrioventricularis dextra*).

Између леве преткоморе и коморе налази се леви **атриовентрикуларни отвор** (*ostium atrioventriculare sinistrum*) и **залистак** (*valvula atrioventricularis sinistra*) који је појачан танким слојем фиброзног ткива. Он се спушта се од преткоморног отвора у виду левка и састоји се од два или три листића, који се приликом систоле срца затварају и спречавају враћање крви из коморе у преткомору.

Из срчаних комора полазе **артерије**, крвни судови који одводе крв ка периферији. Артерије, идући ка периферији, гранају се у све ситније гране и преко најситнијих грана - **артериола** (*arteriola*), прелазе у **крвне капиларе**, који се налазе у ткивима.



Слика 115. Залистици (срчани и полумесечастии)

Из капилара полазе **ограници вена**, које одводе крв к срцу. Преко вена крв улази у срчане преткоморе и завршава свој кружни пут, **крвоток** (*circulus sanguinis*).

Ове системе повезују **крвни капилари** (*vasa capillaria*) и артерио-венске спојнице (*anastomoses arteriovenosae*), мајушни крвни судови дужине 1-2 мм. У једном снопићу мишића дебљине од 0,5 мм налази се око 700 капилара. Укупна површина капилара у мишићном систему процењује се на око 6.300 м². Они се веома лако регенеришу и стварају нове пулолке, што је од значаја за брзо залечење рана.

Вене полазе ситним ограницима (венулама) из крвних капилара. Идући ка срцу, оне примају бочне притоке и постају све крупније. По свом пространству венски систем премашује 2-3 пута артеријски. Оне се деле на површне и дубоке.

Срце и рад

Функцијом срца и циркулаторног система одржава се ток крви потребан за очување **хомеостазе** разних ткива у телу. Хомеостаза може да се дефинише као укупан збир регулационих функција које одржавају непромењену средину за ћелије ткива.

Унутрашња средина, односно ткивна течност, мора да буде релативно константна у односу на хранљиве састојке и метаболите, кисеоник и угљен-диоксид, температуру и садржину хормона.

Крв мора да преноси хранљиве састојке из органа за варење, отпадне материје у бубрег итд.

Најважнија ствар у физиологији рада јесте преношење кисеоника и угљен-диоксида, зато што је за време рада снабдевање ткива кисеоником најхитнији од свих поменутих чинилаца. Кисеоник не може да се складишти, бар не у правом смислу, и **снабдевање кисеоником или недостатак снабдевања, представља обично критични фактор код сваког дуготрајнијег рада**. Отклањање угљен-диоксида блиско је повезано са преношењем кисеоника кроз крв.

У физиологији рада срце представља орган **кардио-респираторног система**, у коме оно служи као пумпа за енергију за одговарајући притисак и проток крви до активних мишићних ткива.

Преглед срчаног циклуса

Крв улази у десну преткомору из системског (великог) крвотока преко горње и доње шупље вене. Преткомора са танким зидовима дејствује као комбинација басена за складиштење и почетне пумпе за проток крви кроз трикуспидни пролаз у десну комору која даје највећи део енергије за проток крви кроз плућни пролаз и артерију у плућни крвоток - а затим кроз плућа и натраг кроз плућне вене у леву преткомору.

Крв затим протиче из леве преткоморе кроз митрални пролаз у леву комору. Контракција леве коморе даје енергију за проток крви кроз аортни пролаз, затим кроз аорту и кроз системски артеријски систем до капиларних корита у разним ткивима.

Из капилара, крв се враћа кроз вене, које су све веће, до великих вена: горње и доње шупље вене. На тај начин циркулаторни систем се састоји од два кола, од којих свако има своју сопствену пумпу:

- десно срце и плућни крвоток образују једно коло, а
- лево срце и системски крвоток друго.

Срчани минутни волумен је запремина крви коју срце избаци у јединици времена, и обично се изражава у литрима на минут. У мировању, код човека просечних димензија износи приближно **5 литара у минути**, а може да се повећа до 42 литра у минути код добро утренираног спортисте.

Размера повећања срчаног минутног волумена један је од најзначајнијих ограничавајућих чинилаца за спортске резултате. Минутни волумен срца одређују два чиниоца: фреквенција срца и ударни волумен (количина крви избачена сваким откуцајем). У складу с тим:

$$\text{срчани минутни волумен} = \text{фреквенција срца} \times \text{ударни волумен.}$$

У стању мировања, 15-20% минутног волумена дистрибуира се скелетној мускулатури - остатак одлази за снабдевање висцералних органа, срца и мозга. Међутим, током вежбања, преко 85-90% минутног волумена се селективно дистрибуира акивној скелетној мускулатури. Миокардни проток крви се може повећати 4 до 5 пута током вежбања док се проток крви у ЦНС углавном одржава на вредностима присутним у стању мировања.

Коронарна циркулација и ефикасност срца

Минутни волумен срца обично је ограничавајући чинилац у одређивању нивоа на коме може да се одржава радни учинак. То је зато што ткива скелетних мишића зависе од константног снабдевања кисеоником из крви да би осигурала своје метаболичке потребе. Услед тога, може да се претпостави да је снабдевање срчаног мишића крвљу одлучујуће за горње границе минутног волумена и на тај начин, посредно, одлучујуће за максимално радно оптерећење које могу да издрже скелетни мишићи.

Артеријска крв обично садржи приближно 19 мл кисеоника на 100 мл крви. У измешаној венској крви то може да буде смањено на 12 до 14 мл на 100 мл крви у мировању, остављајући на тај начин нешто простора за веће коришћење приликом физичког напора. Међутим, у коронарним венама у стању мировања садржина кисеоника је сведена на 4 до 6 мл на 100 мл крви.

Тако је екстракција кисеоника из крви у коронарним судовима релативно висока чак и у мировању и у складу с тим оставља мало резерви кисеоника у коронарним венама за захтеве физичког оптерећења. Из тих разлога, максимално могући минутни волумен ограничавају два чиниоца: ***волумен коронарног протока крви и ефикасност срчаног мишића када ради.***

Коронарна циркулација.

Проток крви кроз срце зависи од два чиниоца:

1. разлике у притиску (градијента притиска) између улазне артеријске крви и венског одлива и
2. отпора протоку, који са своје стране зависи од стања вазоконстрикције или вазодилатације коронарних судова.

У току рада више чинилаца тежи да повећа потребе у O_2 миокарда и према томе дејствује у правцу смањења коронарног васкуларног отпора, а тиме повећавају коронарни крвни проток:

- Фреквенција срца
- Артеријски притисак
- Срчани минутни волумен
- Рад леве коморе
- Контрактилност миокарда.

Према томе, повећани коронарни проток за време физичког рада изазивају најмање два чиниоца:

- повећани артеријски крвни притисак пружа већи градијент притиска за потискивање крви кроз миокард и
- са повећањем потрошње кисеоника у ткиву миокарда, снижени нивои кисеоника доводе до дилатације коронарних судова.

Чиниоци који утичу на фреквенцију срца

Фреквенција срца је број срчаних циклуса (дијастоле и систоле) у јединици времена и изражава се у броју удара у минути. Она у мировању широко варира од појединца до појединца, а исто тако и код појединца од једног посматрања до другог у сличним околностима; стога је скоро бесмислено говорити о **нормалној фреквенцији срца**. Можемо, међутим, да кажемо да је **просечна фреквенција срца 78 откуцаја у минути**, не сматрајући да је фреквенција од 40 (запажена код добро истренираних, издржљивих спортиста) или 100 неопходно ненормална.

Мада је фреквенција срца за време оптерећења радом или за време периода опоравка после рада веома вредан извор информација за физиолога рада, фреквенција у мировању је под утицајем толико много променљивих да има веома мало значења за предвиђање физичких постигнућа. Чиниоци који утичу на фреквенцију у мировању су:

Године. Фреквенција срца при рођењу је приближно 130 откуцаја у минути и она се успорава са сваком даљом годином до пубертета. Просечна фреквенција код одраслог мушкарца у мировању приближно је 78 откуцаја приликом стајања. Максимална постигнута фреквенција срца опада са старењем код одраслих.

Пол. Фреквенција срца у мировању код одраслих жена просечно је за 5 до 10 откуцаја већа него код одраслих мушкараца у било којим датим условима.

Положај. Положај има врло одређени утицај на фреквенцију срца. Промена из лежећег у усправан положај показује повећање од 10 до 12 откуцаја у минути. Сматра се да је ова промена фреквенције срца услед положаја у вези са физичком спремношћу и у складу с тим она се појавила као саставни део теста у неким проверавањима физичке спремности.

Варење хране. Фреквенција срца код мировања виша је док се одвијају процеси варења него после тога. То исто тако важи и за напор; дато оптерећење приликом рада изазива већу фреквенцију срца после оброка и то је један од многих разлога који говоре против тешких напрезања одмах после оброка.

Емоције. Емотивни стрес изазива кардио-васкуларни одговор који је потпуно сличан одговору на рад. Повећање фреквенције срца је најприметнији чинилац и она се дешава код свих осим код најiskusнијих спортиста као реакција очекивања.

Температура тела. Са повећањем температуре тела изнад нормале, повећава се и фреквенција срца. Супротно томе, са смањењем температуре фреквенција се смањује док се не достигне температура од око 26° Целзијуса, при којој се добијају нормални електрокардиограми који показују опасност од престанка рада срца.

Фактори средине. Околна температура један је од најзначајнијих чинилаца који утичу на фреквенцију срца и укупни кардиоваскуларни одговор на напор. Код умереног напора могуће је повећање од 10 до 40 откуцаја у минути, што зависи од обима повећања температуре. У мировању, мала повећања фреквенције срца примећена су са повећањем температуре. Међутим, влажност и кретање ваздуха су исто тако чиниоци. За сваку дату температуру и радно оптерећење, убрзање фреквенције срца биће веће ако је влажност висока и ваздух непокретан.

Последице пушења. Утврђено је да пушење чак и једне цигарете значајно убрзава фреквенцију срца у мировању, било код седења или стајања.

Фреквенција срца за време и после рада

Фреквенција срца је *променљива* у току рада. Већи значај фреквенције срца потиче бар из три разлога:

1. Ударни волумен се вероватно веома мало повећава са повећањем метаболизма док се не достигне ниво приближно осам пута већи од нивоа код мировања .
2. Фреквенција срца пропорционална је наметнутом радном оптерећењу.
3. Фреквенција срца пропорционална је потрошњи кисеоника за време рада.

Сва ова три чиниоца важе само за време стабилног стања, односно када се рад обавља аеробно.

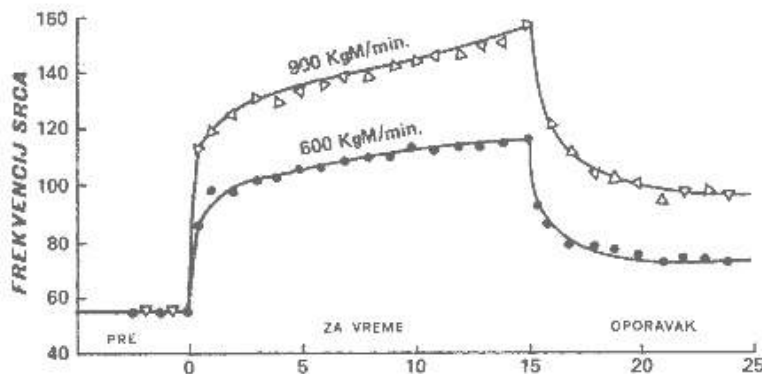
Очевидно је да што је мања фреквенција срца као одговор на дато оптерећење, утолико је миокард ефикаснији - и то поново из најмање три разлога:

1. Потрошња кисеоника у срцу повећава се са повећањем фреквенције срца, чак и када радно оптерећење остаје константно.
2. Са повећањем фреквенције срца смањује се време пуњења.
3. Дијастаза, једини период мировања за миокард диспропорционално се скраћује код веће фреквенције срца и може потпуно да нестане код високе фреквенције срца.

Учесталост срчаних откуцаја пружа податке који сасвим прецизно одсликавају степен стреса створеног радним оптерећењем и с друге стране она даје увод о адекватности физиолошких одговора на рад.

Типични одговор фреквенције срца на напор. Када рад почне, фреквенција срца веома брзо расте. Ако је напор лак или умерен, плато (нивелисање) се постиже за 30 до 60 секунди и та фреквенција срца је релативно константна све до престанка рада. Ова фреквенција пропорционална је радном оптерећењу код сваког појединца.

Ако је радно оптерећење велико (веће десет или више пута од метаболичког обима приликом мировања) фреквенција се повећава док не дође до исцрпљености. За прва два до три минута после завршетка рада фреквенција срца опада скоро истом толиком брзином колико се и повећала. После овог почетног смањења, даље опадање фреквенције срца збива се спорије, брзином која је на општи начин у вези са интензитетом и трајањем рада.



Слика 116. Вредности фреквенције срца током рада

Дејство спортског тренинга на срце

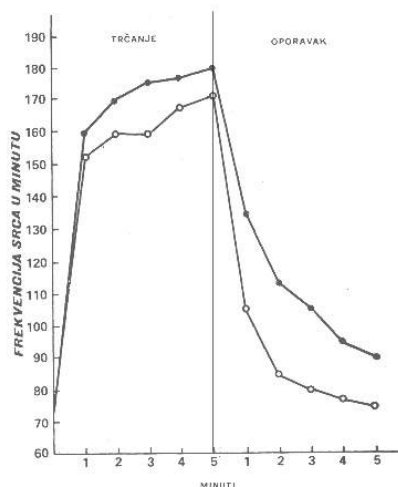
Фреквенција срца. Са повећањем степена тренираности, фреквенција срца за било које дато радно оптерећење *опада*. Можемо исто тако да кажемо да, када су друге ствари једнаке, физички спреман или спортски тренирани појединац има *нижу фреквенцију срца за дато радно оптерећење*. Поред тога, са максималном фреквенцијом срца која је слична за тренираност и нетренираност, тренирани појединац моћи ће да поднесе веће радно оптерећење.

Ударни волумен (СВ) представља запремину крви која се испумпа при сваком откуцају срца, изражава се у милилитрима и одговара разлици између запремине срчане коморе на крају дијастоле и систоле. Велики број доказа показује да је повећани максимални срчани минутни волумен код спортиста углавном последица повећања ударног волумена, што не значи да је непосредно прилагођавање раду, резултат повећаног ударног волумена. Пре би могло да се каже да повећање ударног волумена изгледа да је дугорочно дејство тренирања и да се исто тако манифестује у споријој фреквенцији срца код мировања код спортисте истренираног за издржљивост. Овај већи ударни волумен последица је веће контрактилности и због тога већег систоличног пражњења коморе у срцу тренираног спортисте

Артеријски крвни притисак је сила којом крв у циркулацији делује на зид артеријских крвних судова. Током физичког вежбања артеријски притисак трпи значајне промене. Повећањем интензитета вежбања уочава се пораст систолног крвног притиска за приближно 8 до 12 mm Hg. Тако да максималне вредности достижу 190 до 220 mm Hg. Систолни крвни притисак може се повећати изнад 260 mm Hg, док дијастолни крвни притисак може благо опадати или остати непромењен.

Пулсни притисак је разлика између систолног и дијастолног притиска и он углавном расте у директној пропорцији са порастом интензитета физичке активности. Пошто је крвни притисак директно повезан са минутним волуменом и периферним васкуларним отпором, он представља ефикасан начин праћења ефикасности рада срца и његовог капацитета да пумпа крв.

Систолни крвни притисак који се не повећава или се смањује током повећања оптерећења, може бити сигнал за достизање платоа или смањење минутног волумена. Вежбање треба прекинути код особа код којих се појави пад притиска на напор, односно систолни крвни притисак падне испод вредности у миру или који се смањује за 20 mm.



Слика 117. Дејство тренинга на фреквенцију срца једног тркача при стандардном оптерећењу (црне тачке су вредности изван тренинга, а беле тачке у време "пуног тренинга")

Величина срца

Према неким истраживањима повећање срца приписује се

- физиолошкој хипертрофији мускулатуре,
- већој дијастоличној запремини услед већег пуњења приликом спортије фреквенције срца или
- већој запремини на крају систоле у мировању, а мањој запремини са почетком вежбања.

Постоји и супротно мишљење да је величина срца спортиста у нормалном обиму.

Значајна чињеница коју треба приметити јесте да промена у величини срца представља нормалну физиолошку реакцију, у сваком погледу сличну физиолошкој хипертрофији скелетног мишића услед вежбања (*спортско срце*).

То свакако не треба мешати са *патолошким повећањем срца* које настаје као компензациони механизам у срчаном обољењу и које намеће већа оптерећења миокарду 24 часа дневно дуги низ година. Нема никаквих доказа да велики напори могу да повреду нормално срце.

Тренинг у детињству

Тренинг предпубертетске деце у пливању и другим напорним спортовима постаје све више распрострањен. Са појавом програма за разне узрастне групе, деца чак и од шест година такмиче се у неколико организованих спортова и често се постављају питања могућих штетних последица на срце детета које расте. Међутим, аорта и плућне артерије иду у корак са срцем код растења деце, паралелном стопом раста и никакве контраиндикације нема за велика напрезања.

Мада изгледа да нема никаквих доказа о оштећењу кардиоваскуларног система код деце великим напорима, такмичарски спортови за малу децу морају да буду оцењени и по другим основама, као што су психолошки ефекти и све могуће повреде костију и зглобова.

Праг интензитета за дејство тренинга на срце

Интересантно питање у тренингу спортиста је колико је рада потребно да би се постигле физиолошке промене које се исказују смањењем фреквенције срца код тренираних спортиста. За побољшање толеранције срца на вежбање интензитет рада мора да пређе *критичну вредност прага*. То је изражено постизањем фреквенције срца за 60% између фреквенције у стању мировања и максималне фреквенције.

За испитаника са фреквенцијом у мировању од 70 и максималном од 200, критични праг био би: $70 + 0,60 \times (200 - 70)$ или 148 откуцаја у минути. Ова концепција је значајна за свакога ко жели да примени научне методе на тренинг спортиста.

Срчани резервни капацитет

Велики физички напор представља највећи изазов за кардиоваскуларни систем. Код нормалног појединца, само повећани метаболички захтев напорног рада може да повећа срчани минутни волумен до максималних вредности. Размотримо сада механизме који стоје срцу на располагању у његовом прилагођавању да задовољи потребе у кисеонику активних мишића. Погодно је да се о тим механизмима, у целини, размишља као о *срчаној резерви*.

Први чинилац је, вероватно најзначајнији, **резерва фреквенције срца**. Током рада, фреквенција може да се повећа од вредности у мировању која износи 70 до 80 откуцаја у минути, до фреквенције од 170 до 180 откуцаја у минути. Мада фреквенција срца може да превазиђе те вредности, срчани минутни волумен се неће повећати када фреквенција порасте приближно изнад 180, јер ће се ударни волумен смањити услед скраћења дијастоличког времена пуњења. На тај начин срчани минутни волумен може да се повећа два до два и по пута повећањем фреквенције срца.

Други чинилац је **резерва ударног волумена**. Овај чинилац вероватно улази у игру само код веома тешких напрезања. Међутим, код веома високих нивоа потрошње кисеоника, срце има два начина помоћу којих може да повећа ударни волумен:

1. Смањењем запремине крви која остаје на крају систоле, потпунијим избацивањем услед веће контрактилности.

2. Повећањем дијастоличног пуњења услед већег ефективног притиска пуњења и вероватно растегљивије коморе.

Трећи чинилац је могућност за **повећано коришћење кисеоника у ткивима активног мишића**. У мировању, ниво артеријског кисеоника који се упућује мишићима приближно је 19 мл на 100 мл крви, а венска крв може да има 13 до 14 мл на 100 мл крви, што значи да се користи од 5 до 6 мл на 100 мл донете крви. Међутим, када је активност мишића велика, из 100 мл крви може да се издвоји 16 до 17 мл кисеоника, што доводи до много веће разлике у нивоу кисеоника између артерија и вена углавном на рачун сниженог венског кисеоника у крви која истиче из активних мишића.

Питање где су крајње границе резултата још увек није потпуно решено, али теоретска разматрања једначине кисеоничке проводљивости указују да је аеробни радни капацитет код нормалних младих људи на нивоу мора одређен капацитетом за повећања срчаног минутног волумена.

Срчани шумови

Срчани шум је звук изазван вртложним током крви. Степен вртложења потребан за стварање вибрација, које могу да се чују, одређен је у кардиоваскуларном систему брзином крвотока и количином вртложних струја изазваних препрекама, ограничењима итд. С обзиром да је ток у васкуларном систему нормално равномеран (или у слојевима), а не с ковитлацима, обично се шумови не чују, међутим, брзина протока у почетку аорте и у плућној артерији довољна је да изазове шумове приликом брзе фазе избацивања у систоли. Ови нормални звуци, када се чују или региструју, називају се **функционални шумови** и немају никакав патолошки значај.

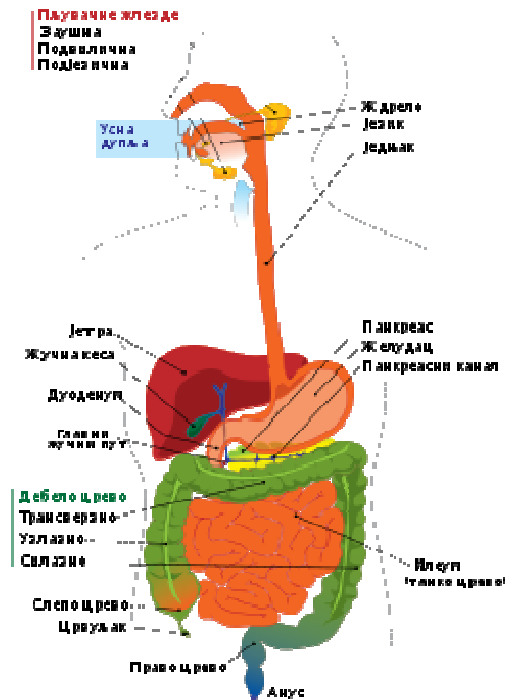
4. ВАРЕЊЕ

Органи за варење

Систем органа за варење (дигестивни систем или цревни систем) се састоји из низа узастопних делова у којима се одвијају поједине фазе варења и апсорпције.

Црево је причвршћено за телесни зид трбушном марамицом – мезентером. Цревни канал сачињавају:

- усна дупља;
- ждрело;
- једњак;
- желудац;
- танко црево;
- дебело црево;
- анални отвор (ректум)



Слика 118. Органи за варење

Усна дупља има функцију примања хране, а код водоземаца има улогу и у дисању. У усној дупљи се налазе **помоћни органи за варење**: зubi, језик, пљувачне жлезде, крајници (само код сисара).

Ждрело. Усна дупља се наставља на ждрело које прелази у једњак.

Једњак је мишићна цев која спроводи храну до желуца.

Желудац представља проширени део црева у коме се храна нагомилава и започиње варење да би се затим постепено пропуштала у црево. На желуцу се разликују два дела: **кардијални** (део где једњак прелази у желудац) и **пилорични** (граничи се са цревом). Желудачне жлезде продукују хлороводоничну киселину и ензим *пепсин* који започиње варење беланчевина.

Црево Најважнија фаза процеса варења одвија се у цреву у коме се врши и **апсорпција сварених хранљивих материја**. У вези са тим долази до повећања његове површине на различите начине. Црево се састоји од два дела: Предњег, танког црева, задњег, дебелог црева. Граница између њих је обележена једним слепим израштајем – слепим цревом. Птице имају два слепа црева.

Јетра је највећа жлезда у организму кичмењака. Јетрин секрет је **жуч** која се сакупља у жучној кеси, а одатле кроз жучни канал излива у **дуоденум**. Жуч не садржи ензиме, али омогућава варење масти тако што врши њихову **емулзију** (разбија их на ситне капљице).

Поред тога јетра обавља још низ значајних функција:

- у њој се гликоза претвара у гликоген;
- представља складиште витамина и гвожђа;
- трансформише отровне материје у неотровне (сва крв из црева прво пролази кроз јетру па затим улази у општи крвоток) и др.

Панкреас (гуштерача) лежи у кривини дванаестопалачног црева.

Дебело црево До дебелог црева доспева несварени део хране, вода и соли. У њему се налази мноштво бактерија које имају способност синтезе витамина које организам апсорбује. У дебелом цреву се врши **апсорпција воде и соли** и прикупљање несварених остатака пре њиховог избацивања. Код већине кичмењака у завршни део црева се изливају двоји бубрега и полног система. Тај део црева је клоака, која је у вези са спољашњом средином преко клоакалног отвора.

Хемијска обрада хране (како функционише варење)

Варити храну значи из ње извући њене корисне саставне делове, а то су беланчевине (протеини), шећери (угљени хидрати) и масти (липиди), али такође, између осталог и минерале и витамине.

У том циљу, храна се најпре жвакањем уситни, а затим разграђује додавањем природних фермената и киселина „сокови за варење“. Већина хранљивих материја бива упијена од стране слузокоже већ у горњим деловима система за варење (желудац, танко црево), док у дебелом цреву долази претежно до згушњавања још увек течне хранљиве каше. Притом, поред воде, долази до упијања и минералних материја.

Дневно се конзумира око 2 л хране, која се допуни са око 7 л различитих сокова за варење. Примери таквих течних „помоћника“ варења (секрета) су пљувачка, желудачни сок, сокови жучи и панкреаса (гуштераче), али такође и секретни зид црева. При томе настају дневне количине од око 9 л. које треба сварити и прерадити. Ова количина се, на први поглед, чини веома великом. Међутим, пошто се вода из хранљиве каше поново упија, та се количина значајно смањује. Процесом згушњавања, у дебело црево доспева само око 1-2 л, да би се на крају из организма избацило само око 100 мл неискористивих остатака, при чему преостали садржај воде у првом реду одређује запремину столице.

Шта утиче на варење

Процесима варења управља вегетативни (аутономни) нервни систем. Овај систем, који такође регулише срчану активност, подложен је стресу. Примери за такав утицај су „нервозни желудац“, затим пролив, као и његова супротност-затвор.

За варење су такође важни и фактори као што су: врста и састав хране, количина течности која се дневно конзумира, редовно одлажење у тоалет без временског притиска, довољно кретања, довољно спавања. Поред тога су, наравно, могући и утицаји на варење проузроковани болешћу, који с једне стране могу бити последица саме болести, а са друге последица узимања неопходних лекова.

Метаболизам

Метаболизам (гр: μεταβολήσμός што значи промена) је биохемијски процес у коме долази до модификације хемијских једињења у живим организмима и ћелијама. Метаболизам се дели на **анаболизам** односно биосинтезу (стварање) комплексних органских молекула и на **катаболизам** који је обрнути процес од анаболизма, а то је раздвајање комплексних органских једињења у једноставнија једињења. Свеукупни биохемијски процеси у једном организму се једном речју називају **метаболизам**. Без метаболизма ми не би могли да преживимо.

Метаболички процеси

1. Генерални процеси
 - А. Метаболизам угљених хидрата
 - Б. Метаболизам масних киселина
 - В. Кребсов циклус (познат и као циклус лимунске киселине)
2. Катаболизам
3. Анаболизам

А. Метаболизам угљених хидрата

Гладак ендоплазматични ретикулум је ћелијска органела у којој се одвија омањи број реакција метаболизма угљених хидрата. У јетри, на пример, полисахарид се претвара реакцијом у гликоген који ће бити трансформисан у глукозу, која ће затим наћу пут до крвотока.

Гликоген је полисахарид глукозе који представља примарну складишну форму угљених хидрата код кичмењака. Настаје првенствено у јетри и мишићима, мада готово све телесне ћелије имају способност складиштења мањих количина гликогена. Депои гликогена у јетри представљају резерве глукозе које се, у случају пада концентрације глукозе у крви, веома брзо могу мобилисати и тај пад компензовати. Гликоген депонован у мишићима представља извор енергије током интензивних физичких напора, при чему ослобођена глукоза никада не прелази укрвоток. Иако далеко мање заступљене од резерви липида, резерве гликогена су веома важне и у енергетски суфицитарним стањима, при повећаним концентрацијама глукозе, прве се попуњавају).

Глукоза је најраспрострањенији моносахарид у природи, међутим само као изомер који се зове декстроза или грођјани шећер. Може да се нађе укрви свих сисара као и у меду и грођју. Молекули сложенијих угљених хидрата као што су скроб и целулоза настају од великог броја молекула глукозе. Глукоза има врло сладан укус, лако је растворљива у води, а такође је и неопходна за одржавање живота јер кад се разгради у цитоплазми живе ћелије ослобађа велике количине енергије потребне за многе животне функције.

Гликогенолиза се одвија у мишићима и јетри, где је гликоген ускладиштен.

Гликолиза је процес који се састоји од низа реакција и којим се глукоза конвертује у пирогрођјану киселину и при чему се производи релативно мала количина молекула АТП-а. У аеробним организмима гликолиза је праћена Кребсовим циклусом и ланцем електронског трансфера, којим се и производи највећа количина молекула АТП-а, (АТП је извор енергије коју ћелије користе). У аеробним условима, тј. у присуству кисеоника, пирогрођјана киселина улази у митохондрију, где се потпуно оксидише у угљен диоксид и воду. Ако је количина кисеоника неадекватна, на пример као у мишићима током интензивне активности (трчање, интензивни физички рад, итд.) пирогрођјана киселина бива конвертована у млечну киселину.

Б. Метаболизам масних киселина

Метаболизам масних киселина се састоји од катаболичких процеса којима се генерише енергија и примарни метаболити из масних киселина, и анаболичких процеса који формирају биолошки важне молекуле из масних киселина и других прехранбених извора угљеника.

Масне киселине су важан извор енергије (аденозин трифосфата) за многе ћелијске организме. Сувишне масне киселине, глукоза, и друге хранљиве материје се могу ефективно складиштити као масти. Триглицериди производе више од двоструке количине енергије по јединици масе одугљених хидрата или протеина.

В. Кребсов циклус (циклус лимунске киселине)

Кребсов циклус је такође познат и као циклус лимунске киселине.

Катаболизам

Ћелијско дисање (целуларна респирација) је процес стварање енергије (АТФ и NADPH). Овај процес је такође активан и при варењу хране. То је процес у којем се хемијске везе из молекула богатих енергијом, као што је глукоза, претварају у енергију за животне процесе. Оксидација органских молекула - на пример у логорској ватри - је егзотермна реакција која брзо производи

велике количине енергије.

У ватри се неконтролисано ослобађа огромна енергија у облику светлости и топлоте. Ћелијско дисање је исти процес, који се одвија постепено, у неколико корака, а чији је резултат претварање енергије ускладиштене у молекулима глукозе у употребљиву хемијску енергију у облику АТФ-а.

Катаболизам угљених хидрата је процес у коме се крупни угљени хидрати разлажу на мање и простије јединице. Приликом сагоревања угљених хидрата долази до ослобађања велике количине енергије.

Угљени хидрати се деле на:

- полисахариде (као што су декстрин, амилопектин, гликоген, целулоза)
- моносахариде (као нпр. глукоза, галактоза, фруктоза, рибоза)
- дисахариде (као нпр. малтоза, лактоза)

Глукоза реагује са кисеоником у оксидо-редуктивној реакцији, где су угљен диоксид и вода нуспроизвод и хемијска реакција је егзотермна.

Протеински катаболизам је разлагање протеина у аминокиселине и једноставне деривате, за транспорт у ћелију кроз ћелијску мембрану и ултиматно за полимеризацију у нове протеине коришћењем рибонуклеинских киселина (РНК) и рибозома. Протеински катаболизам је есенцијално процес варења.

Аминокиселине настале катаболизмом могу да буду директно рециклиране, кориштене за прављење нових аминокиселина, или подлежу катаболизму аминокиселина да бе се конвертовале у друга једињења Кребсовим Циклусом.

5. МЕТАБОЛИЗАМ ВОДЕ И СОЛИ И ТЕРМОРЕГУЛАЦИЈА

Дехидратација

У организму одраслог човека **50-60% телесне тежине чини вода**. Старењем, овај проценат се смањује (организам се *суши*), тако да организам детета садржи нешто више воде него организам одраслих.

Масти везују веома мало воде, тако да особе са већим процентом масти у организму (гојазне особе) садрже мање воде од мршавих. Највећи део воде се **налази у ћелијама**, а мањи део у међућелијском простору и крвним судовима.

Потребна течност (вода и електролити) уносе се путем пића и хране. У организам се дневно унесе онолико воде колико се изгуби, умањено за количину тзв. метаболичке воде (вода - 200-300ml, која настаје као производ сагоревања органских материја).

$$\text{Дневни унос воде} = \text{дневни губитак воде} - \text{метаболичка вода}$$

односно:

$$\text{Дневни губитак воде} = \text{дневни унос} + \text{метаболичка вода}$$

Вода се из организма губи непрекидно и неприметно путем **дисања** и **испаривањем преко коже** (*perspiratio insensibilis*). Количина воде која се дневно губи на овај начин (испаривањем) код одраслих износи 700-800 ml. У зависности од телесне масе, телесне површине и спољне температуре ове вредности могу варирати. Са убрзаним дисањем количина изгубљене течности се значајно повећава.

Распадни продукти метаболизма (мокраћна киселина, креатинин, итд.) који се излучују преко бубрега тзв. чишћење организма, као и одстрањивање вишка јона, **врши се путем мокраће**, за шта је бубрезима човека потребно 1-1,5 литара воде дневно.

Током спортске активности долази до увећаног губитка течности тако да се бубрег може привремено смањити (oliguria) или чак потпуно прекинути лучење мокраће (anuria).

У случају да је губитак воде већи од њеног уноса долази до негативног биланса воде у организму - **дехидратације**. Уколико дође до дехидратације, организам поседује мање воде од количина потребних за нормални метаболизам.

Ипак, током спортске активности, највећа количина воде из тела **губи се знојењем**. Зној је тзв. хипотонични раствор, што значи да садржи мању концентрацију соли (NaCl) од крвне плазме. Губитак више воде него соли доводи до пораста концентрације натријума у крви и ванћелијском простору (хипернатремија). Ова хипернатремија је релативна, пошто је укупна количина натријума у организму смањена.

У случају да дође до **хипотоничне дехидратације**, вода излази из ћелија (креће се у правцу веће концентрације) које се смежуравају. Смежуравање посебних ћелија у хипоталамусу (центар за жеђ) производи потребу да се пије вода.

Уносом чисте воде у организам долази до регулације-изједначења концентрација и губитка осећаја жеђи. Даља надокнада воде обавиће се тек када се унесе и изгубљена со (NaCl), која као осмотски активна материја поново изазива жеђ и подстиче накнадни унос воде.

У циљу штедње воде појачано се луче одређени хормони који имају могућност да (нивоу бубрега) смање губитак воде и електролита. Антидиуретски хормон (ADH), који се лучи од стране хипофизе, олакшава реасорпцију воде у сабирним каналима бубрега.

Појачано лучење алдостерона, од стране коре надбубрежне жлезде, олакшава реасорпцију натријума (натријум као осмотски активна материја повлачи и воду) и смањује лучење мокраће. Још увек није са сигурношћу утврђено да ли је алдостерон одговоран и за штедњу натријума на нивоу знојних жлезда (познато је да зној спортиста садржи мање соли од зноја обичних особа).

Терморегулација

Човек спада у групу хомеотермних организама, односно, мора своју телесну температуру одржавати у опсегу од 36-37°C. Варијације телесне температуре толеришу се до максималних 42°C (+5°C) и до минималних 27°C (-10°C). Изван ових граница функционисање организма је угрожено и наступа смрт.

Процес којим се одржава стална равнотежа између производње и одавања топлоте назива се терморегулација, ради чега постоје **механизми терморегулације**.

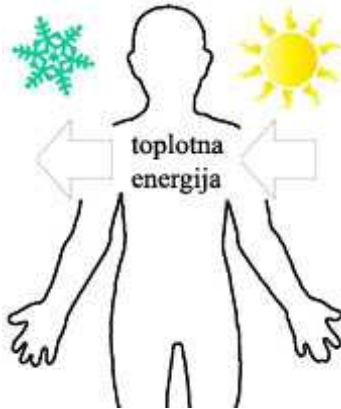
Центар за терморегулацију налази се у hipotalamus-u³, чији је принцип рада истоветан принципу рада термостата - укључује се када се организам хлади, а искључује када се организам прегрева.

У случају да температура крви падне испод 36°C, хипоталамус **укључује производњу топлоте** (термогенезу). Лучењем више адреналина и тироксина, метаболизам се појачава, праћен појавом дрхтања које повећава ниво метаболизма 4-5 пута. Резултат ових процеса је стварање вишка

³ хипоталамус је највиши вегетативни центар где се, између осталог налазе и центри за жеђ и ситост.

топлоте. Истовремено са повећањем производње топлотне енергије, спречава се одавање топлоте скупљањем крвних судова коже.

Када температура крви порасте изнад 37°C укључују се *механизми за одавање топлоте* (термолиза). Започиње знојење а крвни судови коже се шире (лице се зарумени). Гојазне особе, за разлику од мршавих, добро подносе снижење, а лоше пораст спољне температуре (поткожно масно ткиво је добар изолатор).



Слика 119. Смер кретања топлотне енергије у зависности од температуре спољне околине

Организам човека *размењује топлотну енергију* са околином на више начина, путем: радијације, кондукције, конвекције и евапорације.

1. Радијација (зрачење). Човечији организам зрачи топлотну енергију у околину и загрева је ако је температура околине мања од температуре тела. Уколико је спољна температура већа од температуре тела, организам ће примати топлотну енергију и прегревати се, што се и дешава при излагању неком топлотном извору нпр. сунчевим зрацима.

2. Кондукција (провођење) означава процес директне размене топлотне енергије при контакту тела са ваздухом, водом или чврстим телима. У зависности од величине додирне површине и температурне разлике мењају се и обим и брзина размене топлотне енергије. Смер у коме се врши размена топлоте зависи од тога да ли је температура тела нижа или виша од температуре ваздуха (воде или тла). Термални (топлотни) квалитети слојева који се додирују веома су битни у процесу кондукције.

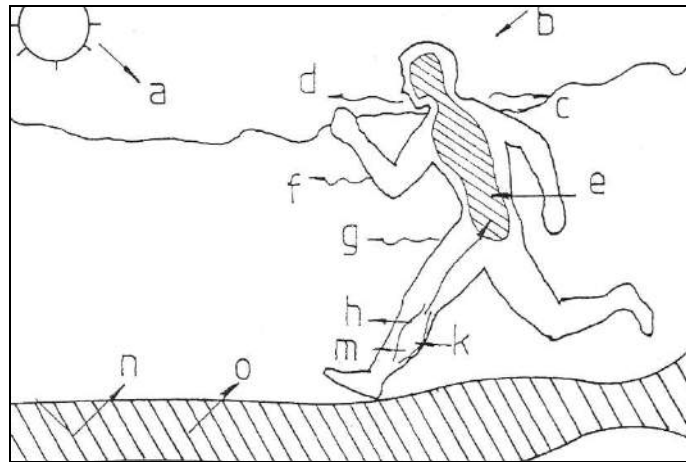
Додир са подлогом која има боља изолаторска својства смањује одавање топлоте околини (дрвени под или гумена подлога у односу на бетон -камен). Сува кожа при контакту са ваздухом предаје мање топлоте, него влажна кожа. Кондукција при додиру са водом је много већа него при контакту са ваздухом. Контакт са водом доводи до брзог хлађења (или загревања) организма.

3. Конвекција (одвођење). Одавање топлоте се додатно повећава ако се ваздух (или вода) крећу. Струјање ваздуха изазвано ветром, промајом или механичким путем (вентилатор) уклања изолациони слој водене паре са коже (који смањује одавање топлоте).

Вишеслојна танка одећа са више изолационих слојева боље спречава одавање топлоте од једног, дебелог слоја одеће. Стога се при мерењу спољне температуре увек узима у обзир и брзина ветра (индекс хлађења ветром).

4. Евапорација (испаривање) представља процес којим се организам штити од прегрејавања. Ефикасност испаривања зависи од количине расположиве воде, иначе неопходне за овај процес.

Брзина испаравања зависи од дубине и брзине вентилације и од обима и брзине знојења. За испаравање једног литра зноја из организма се ослободи скоро 600 kcal топлотне енергије. Веома је важно знати да се организам не хлади знојењем, већ испаравањем воде са површине коже.



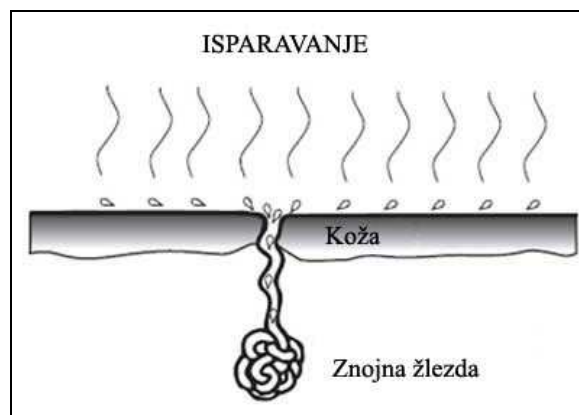
Слика 120. Механизам размене топлотне енергије између организма и спољне средине током спортске активности: *a.* сунчево зрачење; *b.* топлотно зрачење околине; *ц.* испаравање (евапорација) зноја; *d.* испаравање преко плућа (дисање); *e.* метаболизам органа; *f.* конвекција (одвођење); *g.* зрачење тела; *h.* мишићни метаболизам; *к.* мишићи; *м.* провођење (кондукција); *n.* одбијање сунчевих зрака; *o.* зрачење тла. (Лекић, Д. 1997).

Теоријски гледано, уколико би се вода која испари стално надокнађивала, капацитет евапорације би био неограничен. Организам одраслог човека поседује у својој кожи преко 2 милиона знојних жлезда.

Зној је слан раствор, који код обичних људи садржи дупло мање соли од крвне плазме, док је у организму спортиста ова количина и до 4 пута мања. Организам спортисте се на овај начин (смањено лучење соли у саставу зноја) адаптира на дехидратацију.

Ефикасност система евапорације (испаравања) зависи од **више фактора**: укупне површине која испарава (1), струјања ваздуха (конвекција) (2), температуре ваздуха (3) и влажности ваздуха (4).

1. Укупна површина испаравања. Делови тела прекривени одећом и обућом као и космати делови испаравају мање. Дебела одећа и одећа направљена од синтетичких материјала спречава испаравање што може имати нежељене последице у спортовима где је испаравање потребно. Капи зноја које се јављају на кожи, спречене су да испаре што доводи до повећања телесне температуре. Организам дехидрира, што доводи до прекида знојења (вода се чува за рад крвотока) па су чести топлотни удари, па чак и смртни случајеви.



Слика 121. Испаравање воде са коже знојењем

Негативан пример и потенцијалну опасност представља препорука облачења непропустљиве одеће у циљу губитка телесне тежине. Привид губитка тежине (масног ткива) даје привремени губитак течности (дехидратација). Након што се изврши адекватна надокнада изгубљене воде и соли (рехидратација), мерењем се лако може утврдити да је губитак телесне масе занемарљив.

Осим потпуне физиолошке неоправданости и додатног ризика по здравље услед нагле дехидратације може се закључити да оваква пракса нема никаквих позитивних ефеката.

- 2. Струјање ваздуха (конвекција).** Кретање ваздуха (ветар) или кретање тела олакшавају испаравање и убрзавају одавање топлоте. Ово је посебно значајно при раду у затвореним просторијама.
- 3. Температура ваздуха.** Температура спољне средине од виша температуре тела спречава одавање топлоте зрачењем, спровођењем и одвођењем. Наше тело при том директно прима топлотну енергију (радијацијом и кондукцијом). Олакшавајућу околност представља чињеница да тада долази до бржег испаравања зноја.

Ако је температура околине нижа од температуре тела може доћи до прегрејавања организма, јер повећана физичка активност генерише доста топлотне енергије.

- 4. Влажност ваздуха.** Релативна влажност ваздуха изражава се у процентима. Укупна количина воде коју ваздух може да прими на датој температури изражава се као 100%. Повећана влажност утиче негативно на размену гасова у плућима и смањује испаравање зноја са коже. Зној не испарава у довољној количини већ „*цури низ тело*” што доводи до прегревања и дехидратације организма. Сличан ефекат има и брисање зноја са тела (пре него што испари). Високе спољашње температуре се боље подносе ако је релативна влажност ваздуха мања него нешто ниже температуре при већој релативној влажности. Као пример може послужити податак да је пустињска клима пријатнија за живот од тропске климе.

Утицај дехидратације и прегрејавања на функције унутрашњих органа

У случају дехидратације, одређени органи који се не преоптерећују током физичке активности, **одричу се дела своје крви** у корист срца, плућа и радних мишића.

Имајући у виду да се временом, са губитком воде, **смањује и ударни волумен срца**, долази до убрзавања рада срца, тако да минутни волумен срца остаје релативно непромењен. Са повећањем нивоа дехидратације, компензаторни механизми се исцрпљују те долази до **смањења минутног волумена. Аеробна моћ организма почиње да опада**, организм се брани тако то **прекида знојење**, што за последицу има **нагло подизање температуре тела**.

Због улоге коже у терморегулацији може доћи до **повећаног протока крви** и ангажовања велике количине крви, тако да се органи *altruisti* (*јетра, слезина, црева, бубрег*) **често одричу њима неопходне количине крви**. Тиме се могу објаснити честа оштећења јетре и бубрега код особа које су преживеле топлотни удар.

Са падом аеробне моћи организма долази до **наглог пораста киселости (acidoza)**. То се дешава због преласка на анаеробни метаболизам и **стварања лактата**. Велики пораст лактата објашњава се и поремећајем функције јетре која није у стању да прерађује лактате у гликоген.

У екстремним случајевима, при краткотрајном, максималном раду, телесна температура може да порасте и до 41 °С, чак и у условима снижене спољне температуре. Овај краткотрајни феномен представља **адаптацију на максимални рад** (остварује се већа ефикасност мишићне контракције, рада срца и нервне трансмисије на вишој температури). На крају рада се укључују терморегулациони механизми и температура тела се врло брзо нормализује.

Улога одеће током спортских активности

Одећа која не омогућава испаравање (непропустљива, синтетска одећа) отежава терморегулацију и убрзава прегрејавање организма. У свим спортовима где није стриктно прописана посебна одећа треба се држати следећих правила (*Лекић, 1997*):

1. Тренинг без горњег дела одеће је изводљив само ако се не излажемо сунцу (када тело прима топлотну енергију сунчевим зрачењем).
2. Сува, макар и танка одећа спречава одавање топлоте (постоји слој водене паре између тела и одеће).
3. Тек када се одећа накваси знојем, а вода почне да испарава, почиње адекватно одавање топлоте.
4. Непропустљива одећа повећава релативну влажност ваздуха између коже и одеће и спречава испаравање.
5. Памучна и ланена одећа се лако натапају знојем и брзо почињу да испаравају.
6. Ако желимо да искључимо и ово релативно кратко време потребно да се накваси одећа знојем (та количина воде се изгуби, а да при том не хлади), можемо да наквасимо мајицу пре облачења. Вода са мајице одмах почиње да испарава и хлади, а осушени делови се натапају знојем. Сав излучен зној биће утрошен на хлађење тела.
7. Комотна одећа олакшава хлађење јер се кожа директно проветрава. Поред испаравања поспешује се одавање и конвекцијом (уклања се слој водене паре са коже).
8. Боја одеће игра значајну улогу. Ако се тренира по сунцу, важно је знати да тамна одећа упија, а светла одбија сунчеве зраке. Ставите на сунце беле и црне пластичне плоче. Црна плоча постаје убрзо врела, а бела умерено топла.

Утицај пола, старости и телесне масе

Данас се сматра да пол не игра значајну улогу у реакцији организма на термални стрес. Доскоро се сматрало да су жене више осетљиве на прегрејавање, јер поседују мање осетљиве знојне жлезде. Мада је тачно да жене почињу касније да се зноје, већа површина тела жена у односу на масу, с друге стране, олакшава одавање топлоте.

На одређени начин жене су жене у предности, јер каснијим знојењем продужавају време потребно да се организам значајно дехидрира. Испитивања су показала да менструални циклус не утиче битно на реакцију жена на топлотни стрес.

Старењем се количина воде у организму смањује (ткива се суше). Из тог разлога старије особе почињу касније да се зноје.

Гојазне особе могу да доживе прегрејавање организма и при раду малог интензитета при релативно ниским спољним температурама. Њихова телесна површина је мања у односу на масу (у поређењу са мршавим особама), што је разлог лошијег одавања вишка топлоте из тела. Поред тога, познато је да је маст одличан изолатор и зато спречава одавање топлоте.

Процена степена дехидратације, рехидратација и хиперхидратација

Мерење телесне масе спортиста пре и после физичке активности може се користити као показатељ дехидратације и обављене рехидратације (надокнада изгубљене воде).

При интензивном аеробном раду (нпр. маратон) спортиста губи 2-3 литра течности у току једног сата. То значи да се током трке (у трајању око 2 и по часа), изгуби 5-6 литара воде. Укупни губитак масти и гликогена који сагоре током трке не прелази 1 килограм, тако да се губитак воде може исказати као смањење телесне масе. Мерењем маратонаца пре и одмах након трке (ако се не рехидрирају током трке) указује на губитак 6-10% телесне масе.

Процент изгубљене масе у наведеном примеру није занемарљив јер је доказано да се већ при губитку од 4% телесне масе повећава фреквенција рада срца и смањује лучење зноја (вода се ускраћује кожи и чува за крвоток срца и мишића).

Процес надокнаде изгубљене воде назива се **Рехидратација**, док се процес уношења вишка воде у организам назива **Хиперхидратација**. У случају обављања интензивног и дуготрајног рада у условима повишене спољне температуре изнад зоне комфора (18-22°C) неопходна су оба ова процеса.

Хиперхидратација се обавља 10-20 минута пре такмичења или тренинга и препоручује се унос око 1/2 литра обичне, негазиране воде (температура воде није битна, мада се хладна вода брже ресорбује). Тиме се осигурава реасорпција воде из црева у количини која почиње да се губи. Хиперхидратацијом се постиже да организам знатно касније пада у негативни биланс воде.

Имајући у виду да се током спортске активности успорава пражњење желуца (током једног часа из желуца се евакуише у црева највише 800 ml воде), процес рехидратације треба почети релативно рано. Чак и када је вода доступна да се пије по жељи процес рехидратације је успорен. Упркос томе и најмања количина унете воде је пожељна, јер одлаже пад радне способности усред дехидратације, као и друге нежељене последице.

Хипотонични раствори соли или гликозе су теоретски пожељни (имитирају зној), али се теже евакуишу из желуца, те се препоручује унос само чисте вода. Познато је да се вода која има температуру између 5-10°C најбрже евакуише из желуца. Током физичке активности препоручује се унос једне чаше воде (око 200 ml) сваких 15 минута.

Електролити и глукоза се надокнађују одмах након физичке активности. Хипертонични раствори углавном подстичу осећај жеђи и из тог разлога се не препоручују. Раствори глукозе, калијум и натријум хлорида су неопходни током дуготрајних такмичења која трају 5-10 часова (супермаратон, бициклизам, супертриатлон).

Аклиматизација

Организам човека у стању је да се добро прилагоди на обављање физичке активности у условима повишене спољне температуре, али не и на повишену влажност ваздуха.

Приликом промене годишњих доба и доласком „топлих пролећних дана“ спортисти се током тренинга и такмичења брзо замарају. Ово смањење радне способности полако ишчезава током 7-10 дана, колико је организму потребно да се адаптира на нове услове.

Са физиолошког аспекта **механизми аклиматизације** су следећи:

1. Врши се прерасподела крви - већа количина крви се уступа кожи да би се осигурало појачано знојење.
2. Знојење је обимније и почиње раније.
3. Ендокрини систем се прилагођава, повећана је количина хормона који се лучи (алдостерона и антидиуретског хормона).
4. Зној садржи мање соли, јер се штеде натријум и калијум.
5. Кожа се прилагођава сунчевом зрачењу.

Процес адаптације биће успешнији ако се у почетку обављају краћи тренинзи на сунцу (15 мин на сунцу остало у хладу), а боравак на сунцу се постепено повећава за 5 мин сваким наредним даном. Адаптација на високу спољну температуру губи се након три недеље рада у хладнијим климатским условима.

Хипотермија (утицај снижене спољне температуре)

Организам човека лоше се адаптира на дејство снижене спољне температуре. Уколико је присутно и велико струјање ваздуха (ветар) организам се убрзано хлади јер се повећава одавање топлоте конвекцијом.

Човечији организам може издржати хлађење тела и до 10°C испод нормале. Гојазне особе поседују слој поткожне масти која је добар изолатор и оне боље подносе излагање сниженој спољној температури. Пливачи-маратонци имају већи проценат телесне масти од пливача у базенима што им омогућава бољу адаптацију на пливање у релативно хладној води (одавање топлоте кондукцијом је највеће при контакту са водом).

Спортска активност пружа велику заштиту од хладноће, пошто и лака физичка активност осигурава вишак топлоте у телу. Тркачи на скијама обично започињу трку добро обучени, а како се временом ствара све вишак топлоте, они скидају део по део горње одеће и на крају финансирају лако обучени. Током трчања производња топлотне енергије порасте и до 25 пута, што би теоретски могло да повиси температуру тела сваких 5 минута за један степен.

Локално дејство снижене спољне температуре представља посебан проблем. Истурени делови тела (прсти, уши, нос, брада, итд.) могу да доживе промрзлине. Иако заштита коже наношењем слоја масти на њу има ефекта, доказано је да храна богата мастима (како биљним тако и животињским) врши својеврсно „подмазивање“ изнутра са бољим ефектом. Лучењем масти преко лојних жлезда постиже се прожимање и дубљих слојева коже (Исхрана Ескимса садржи доста масти са циљем да спрече појаву промрзлина).

6. НЕРВНИ СИСТЕМ И КООРДИНАЦИЈА МИШИЋНЕ АКТИВНОСТИ

Систем за кретање

Када се говори о кретању човека или о вршењу рада, онда се пре свега мисли на на рад **мишићно - коштаног система**, јер у кретању човека и раду значајну активну улогу има скелетно-мишићни систем, а пасивну улогу коштани (скелетни) систем.

Међутим, за тачно извршавање покрета веома важну улогу има **нервни систем** у целини, као и бројна **чула (анализатори)**.

Чула (Анализатори)

Сваки **анализатор (чуло)**, који **обавештава** централни нервни систем (ЦНС) о променама на телесној периферији (у ткивима и органима) састоји се из три дела:

1. **периферног дела**, који представљају одређене врсте рецептора - специјална врста чулних ћелија, појединачно или групно размештених по читавом организму,
2. **спроводног дела**, који сачињавају нервна влакна, која спајају одређене рецепторе са одређеним деловима централног нервног система и
3. **централног дела**, који представљају разне области централног нервног система, у којима се завршавају нервна влакна, која полазе од појединих рецептора.

На тај начин **надржаји** појединих рецептора, који изазивају њихово **раздражење**, се преносе у виду **нервних импулса** до централног нервног система и „обавештавају“ га о насталим променама на оним деловима тела где се налазе ти рецептори.

На основу тога централни нервни систем оствари одговарајући одговор организма на настале промене у одговарајућем делу тела.

На организам човека (нервна и мишићна ткива) сваког тренутка делује велики број надражиоца (електрични, механички, топлотни, звучни, светлосни, хемијски) и сваки њихов надражај, зависно од јачине, времена трајања и брзине увођења, може изазвати одговор одговарајуће ћелије - раздражење (локално или опште), као на пример грчење мишића. Најмања јачина надражаја, која изазива општи ефекат раздражења назива се **праг надражаја**, а сви надражаји веће јачине су **надпражни надражаји**.

Рецептори (чулне) ћелије су најосетљивије телесне ћелије према надражајима истих вредности и као специјализоване ћелије могу да приме врло мале спољашне надражаје. У организму човека постоји разне врсте рецептора и деле се на:

- а. **унутрашње рецепторе**, смештене у разним унутрашњим органима (крвним судовима, плућима, желуцу) и примају надражаје из унутрашњости организма,
- б. **спољашне рецепторе**, који се налазе у телесној површини и примају надражаје из спољашне средине и
- в. **проприорецепторе**, у које спадају рецептори за зглобно-мишићну осетљивост и рецептори вестибуларног апарата.

1. **Чуло (анализатор) за површинску осетљивост** се називају **чуло пипања (тактилна осетљивост)** и подразумева осетљивост на додир и притисак коже и површинске слузокоже и осетљивост длака. У кожи се налазе рецептори за ову осетљивост (**Мајснерова тактилна телица**).

2. **Чуло (анализатор) за температурну осетљивост** примају разне температурне надржаје. У кожи постоје рецептори рецептори на топло и на хладно, који су бројнији. Осетљивост на топло и хладно је различита на појединим деловима коже.
3. **Чуло (анализатор) за осетљивост бола** су нервни завршеци одређених нервних ћелија, које реагују на прејак притисак, превелику топлоту или хладноћу, прејаку електричну струју, разорне хемијске материје.
4. **Чуло (анализатор) за мирис** имају специјалне рецепторе смештене у горњем делу слузокоже носа, односно у слузокожи горње носне шкољке. Надражење ових рецептора се одиграва код дубљих удисаја.
5. **Чуло (анализатор) за укус** има рецепторе у површинском слоју језика и тврдог и меког непа. Рецептори овог чула су прилагођени на пријем специфичних надражиоца (за надражаје сланог, киселог, горког, слатког).
6. **Чуло (анализатор) за мишићно зглобну осетљивост** или дубоку осетљивост се налази у скелетним мишићима, њиховим тетивама и у зглобним чаурама и везама (лигаментима) и они се надражују механичким путем (затезањем или попуштањем затезања ткива и органа у којима се налазе).
Захваљујући овој осетљивости можемо у сваком тренутку, без контроле других чула и при затвореним очима да утврдимо у ком је положају поједини део тела, а нервни систем може да реагује и остварује правилно извођење покрета читавог покрета.
7. **Вестибуларно чуло (анализатор)** осигурава, поред чула вида, сазнање о положају тела уопште, као и при његовом кретању (убрзања, успоравања или окретања) и преко рецептора вестибуларног апарата. Вестибуларни апарат смештен је и једном делу унутрашњег уха и састоји се од **отолитног апарата** и система полукружних каналића.
8. **Чуло слуха (акустични анализатор)** има рецепторни део у **пужу унутрашњег уха** у облику Кортијевог органа. За правилно примање надражаја важну улогу има грађа и функција средњег, па и спољашњег уха.

У **средњем уху** налази се систем слушних кошчица: **наковањ, узенгије и чекић**, који налаже на **бубну опну**. За правилну функцију бубне опне важно је да са обе њене стране буде подједнако велики ваздушни притисак, што се постиже везом средњег уха преко Евстахијеве тубе са носном шупљином, односно спољашњом средином. Звучни таласи долазе из спољашње средине и изазивају треперење бубне опне, које се даље преноси преко система слушних кошчица све до ендолимфе у пужу, а треперење покровне мембране надражује акустичне рецепторе.
9. **Чуло вида (оптички анализатор)**. Рецептори чула вида се налазе у **оку - органу чула вида**, које је смештено у очној дупљи. Око има са предње стране провидну опну - **рожњачу**, која се даље наставља у површну опну ока - **беоњачу** која обмотава цело око. Испод беоњаче налази се друга опна **судовњача** (богата крвним судовима). Испод судовњаче је трећа опна - **мрежњача**, у којој се налазе **видни рецептори**. На извесном растојању од рожњаче у оку се налази плочаста преграда са централним отвором- **дужица** (која даје боју очију) и **зеница**.

Видни рецептори (ченићи и штапићи) налазе се у мрежњачи, а најосетљивији на светлосне надражаје је део под именом **жута мрља**, која је место најјаснијег вида. Ови рецептори имају способност адаптације (на таму или светлост).

Нервни систем

Нервни систем код човека састоји се из **централног (мозак и кичмена мождина)** и **периферног дела (живци)**. Он прима надражаје преко рецептора, из спољне средине или из неког органа, а потом брзо реагује, и рефлектује надражаје у виду импулса ка одређеним органима -ка ефекторима. На тај начин **регулише функције свих органа, координира** их и усклађује њихов однос као целине према спољној средини.

Нервни систем код човека се састоји из:

1. **Соматичног (анималног) и**
2. **вегетативног (висцералног) нервног система.**

Оба ова система утичу један на други, усклађујући рад нервног система као целине. Сваки од ова два нервна система се деле на **централни нервни систем** и **периферни нервни систем**.

Оба ова нервна система састоје се из великог броја **нервних ћелија** као њихових основних анатомских и функционалних јединица.

1. Соматични (Анимални) нервни систем

Соматични (анимални) нервни систем је део нервног система који реагује на надражаје из спољне средине и његове функције се одвијају **под контролом воље и свести човека** (коре великог мозга). Он обезбеђује правилан однос организма према спољашњој средини и **омогућава му кретање и обављање телесног рада**.

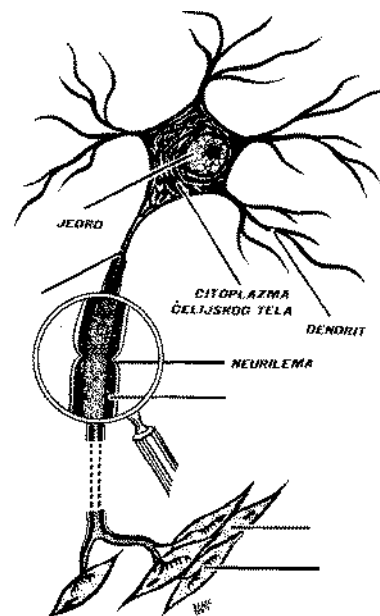
Неурон (нервна ћелија) представља основну анатомску и функционалну јединицу нервног система и поседује високи степен **надражљивости и проводљивости**. Он се састоји из:

1. **ћелијског тела** у коме се налази **једро**,
2. **неурита (аксон)**, који је полази из ћелијског тела као један велики продужетак који одводи импулсе од ћелије, због чега су неки неурони веома дуги и
3. **дендрита** већег броја краћих продужетака, који примају импулсе и преносе их до ћелијског тела.

Неурони који преносе сензорне импулсе са периферије до централног нервног система називају се **сензорни** или **аферентни неурони**, а неурони који преносе импулсе од централног нервног система до мишића и других ефектора називају **моторни** или **еферентни** неурони.

Мада су неурони микроскопског промера, једна ћелија може да се протеже по дужини од церебралног кортекса скоро до краја кичмене мождине, или исто толико растојање од кичмене мождине до неког мишића у стопалу, што је растојање од око једног метра, али је јако танак и невидљив за људско око.

Ћелијско тело моторног неурона, који упућује импулсе у скелетни мишић, лежи у сивој маси у централном рогу кичмене мождине, а његов аксон придружује се многим другим аксонима осталих моторних неурона (као и многим сензорним аксонима) да би образовао спинални нерв.



Слика 122. Неурон

Моторни нерв, пошто уђе у мишић грана се и разграђава док један аксон не уђе у *fasciculus*. Аксон се затим грана у многобрајне гранчице, од којих свака инервише једно мишићно влакно. На тај начин, ћелијско тело у вентралном рогу, аксон и све његове гранчице, заједно са многим мишићним влакнима које ове инервишу, представља једну **моторну јединицу**.

Човек има више стотина мишића, а сваки од њих може да обухвата хиљаду или више моторних јединица. Како свака од ових моторних јединица може да се независно активира, могућности за покрет човека су скоро неограничене.

У централном нервном систему разни неурони долазе у контакт једни са другима и та места контакта се називају **централне синапсе**. Овакви контакти неурона се догађају и у периферном нервном систему, па се тако стварају **периферне синапсе** (између ефекторних неурона и ефекторних органа, као и у периферном делу вегетативног нервном система).

Рефлексни лук и невољни покрет

Основна реакција Централног нервном система (ЦНС) је **рефлекс (рефлексни акт)**, односно сваки одговор организма у коме он учествује. То је **невољно моторно реаговање на одређени стимулус** - аутоматско реаговање, без размишљања, као нпр. реаговање на додир вреле површине.

Нервне ћелије, чији укупан број износи око 16 милијарди, удружују се и образују велики број **рефлексних лукова**, основних функционалних јединица грађе нервном система. Најпростији, елементарни рефлексни лук образују два неурона, **аферентни** и **еферентни**.

Аферентни (центрипетални неурон) прима од рецептора надражај из спољне средине или из неког органа и спроводи га ка централном нервном систему, где раздражење прелази на дендрите еферентног, центрифугалног неурона и рефлектује се у виду одговора или импулса ка периферији. Импулс одлази ка ефектору, било ка мишићном ткиву и изазива његову контракцију, било ка жлезди и изазива одговарајућу промену њене секреције.

Прелаз раздражења омогућује контакт синапсе између неурита аферентног и дендрита еферентног неурона. У висини њихове синапсе стварају се хемијска једињења, адреналин или ацетилхолин, која олакшавају пребацивање раздражења, повећавајући осетљивост неурона на надражај.

Најпростији рефлекс су рефлекс који остварује кичмена мождина и њихов рефлексни лук се састоји из следећих делова;

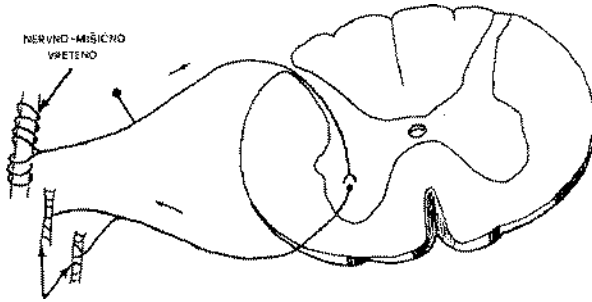
- **рецептора,**
- **периферног осећајног неурона,** који повезује рецептор са одговарајућим местом у ЦНС,
- **синапсе (центар тог рефлекса),** која се налази у ЦНС и која има везе са периферним ефекторним неуроном,
- **периферним ефекторним неуроном,** који повезује ЦНС са ефекторним органом (мишић, жлезда).

Пошто имају само два неурона ови најпростији рефлекс се називају **двонеуронски рефлекс**. Ови рефлекс су код човека бројно најмањи и њихове синапсе (центри) се налазе обично у кичменој мождини и налазе се под контролом виших центара. Њихови рецептори су у непосредној близини ефекторних органа.

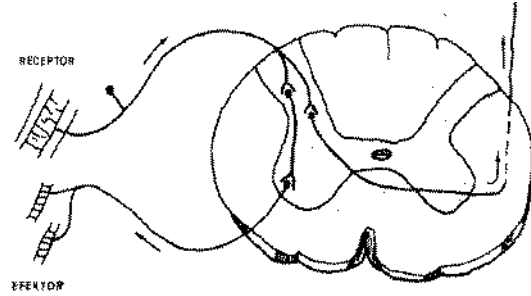
Сложенији рефлекс су бројнији и њихови рефлексни лукови су сложенији, јер се између периферног осећајног и периферног ефекторног неурона налази јо један нерв - **уметнути неурон**, који се налази у целости у ЦНС. У овако **усложњеним рефлексним луковима** постоји још једна сензитивна синапса и већи број синапси са ефекторним неуронима, који инервишу разне ефекторне неуроне (најчешће мишиће).

Веће усложњавање рефлекса, а тиме и рефлексних лукова, настаје ако се у једном рефлексном луку нађе више уметнутих неурона. Ови рефлексни лукови су и даље двонеуронски - кратки рефлексни лукови, али надражаји једних рецептора могу да изазову рефлексне реакције удаљенијих мишића са исте стране.

Највеће усложњавање рефлекса настаје када рефлексни лук појединог рефлекса у ЦНС има мањи или већи број чисто сензитивних и мањи или већи број чисто ефективних неурона. Овако повезани сензитивни неурони представљају *усходне путеве* провођења у ЦНС, а повезани ефекторни неурони *нисходне путеве* спровођења у ЦНС.



Слика 123. Приказ рефлексног лука од два неурона. Стрелице показују смер провођења.



Слика 124. Приказ пута импулса из рецептора у кожи, који стижу до ефектора (скелетног мишића) преко рефлексног лука од три неурона у истом сегменту у који импулси улазе

Соматични (анимални) нервни систем се дели на:

- А. Централни нервни систем - ЦНС (кичмена мождина и мозак са свим његовим деловима) и изграђен је од *беле масе* (неурити разних неурона) и *сиве масе* - мождане супстанције (дендрити и централне синапсе разних неурона).
- Б. Периферни нервни систем, који чине *нерви или живци*.

А. Централни нервни систем – ЦНС

1. Кичмена мождина

Функција кичмене мождине је двојака: *проводна и рефлексна*.

- а. **Проводна функција кичмене мождине** састоји се у томе што кроз њу пролазе *усходни сензитивни путеве* и *нисходни моторни путеве провођења*.
- б. **Рефлексна улога кичмене мождине** је њена основна улога, јер се преко рефлекса кичмене мождине остварују *основне просте моторне реакције*, највише у вези са директним надражајима површинских рецептора трупа и екстремитета.

Кичмена мождина је и седиште већег броја вегетативних рефлекса, контролисаних од виших делова ЦНС.

Осим тога кичмена мождина има и **координирајуће активности**, као што је *узајамно - супротна (реципрочна) инервација* антагонистичких - по функцији - пара мишића. Тако на пример при рефлексној контракцији једног мишића његов по функцији антагонистички мишић у том времену активно попушта, чиме олакшава његов рад.

Б. Мозак

1. Продужена мождина

Рефлекси у продуженој мождини су у највећем броју сложенији рефлекси, а њена функција је такође двојака:

а. делом проводна, а

б. делом рефлексна

Продужена мождина има већи број једара (групација сиве супстанце), која се деле на:

- **рецепторна (пријемна) једра**, која представљају централне синапсе осам последњих парова можданих нерава (у вези са осећајем укуса, слуха и оријентацијом у мировању и кретању) и
- **ефекторна једра** из којих одлазе нервна влакна ка мишићима за жвакање, мимичним мишићима, мишићима језика, врата, душника).

Продужена мождина у садејству са вишим деловима ЦНС има утицаја на прераспodelу тонуса у скелетним мишићима, који је периферног порекла и остварује се раздражењем разних рецептора, али је регулисан радом виших делова ЦНС, почев од средњег мозга.

2. Средњи мозак

Средњи мозак се налази у можданом стаблу изнад продужене мождине и састоји се из рецепторних једара четворобрежја и ефекторних једара (црвено једро). Функције ове две врсте једара су мало повезане. Он има значајну улогу у статичким рефлексима, захваљујући којима организам може да се одржи у нормалном стојећем положају.

3. Међумозак

Међумозак лежи испред средњег мозга и садржи пар великих рецепторних једара - оптички брегуљци или таламуси (општи рецепторни центар ЦНС), у којима скупља све усходне путеве из нижих делова ЦНС, који иду ка кори великог мозга, представљајући за њих веома важну синапсу. Овај центар прима, прерађује и уопштава осећајне сигнале који стижу у њега са читаве телесне периферије.

Главна ефекторна једра међумозга су **бледа тела (палидуми)**, која немају сопствени излаз на телесну периферију, већ се њихови ефекторни неурони завршавају у црвеном једру средњег мозга.

Због свих ових веза оптичких брегуљака са ефекторним јединицама поткорја, међумозга, средњег и малог мозга, остварују се многобројни високо координисани и сложени рефлекси.

Поткорје (субкортикална ганглија)

У поткорју се са сваке стране налази мало **ефекторно једро- пругасто тело (стриатум)**, као изразити ефекторни центар, који има доводне везе са кором великог мозга, оптичким брегуљцима и средњим мозгом, док се његове ефекторне везе завршавају у ниже лежећем бледом телу, а мањим делом и у црвеном једру.

Ефекторна једра (стриатум, палидум, група црвеног једра), као и важно рецепторно једро (оптички брегуљци), размештена у три нивоа-спрата имају исти ефекторни пут у кичменој мождини и њихове кратке међусобне везе обједињују у велики моторни систем, под именом **екстрапирамидални (поткорни-субкортикални) моторни систем**.

Дејством овог система код човека се остарује *груба техника покрета*, на чијој основи могу да се врше и вољни покрети, који се остварују преко вишег *пирамидалног (кортикалног) моторног система*.

4. Мали мозак

Мали мозак се састоји из једног средњег дела (црв) и две хемисфере. Сива супстанца је представљена као кора малог мозга - као његов рецепторни део, испод које се налази бела супстанца - ефекторна једра малог мозга.

Мали мозак има многобројне везе са са разним деловима ЦНС. Неке од њих су рецепторне везе (кичмено мождински снопови у вези са површинском и дубинском осетљивишћу, везе са четворобрежјем, оптичким брежуљцима и кором великог мозга), а друге су ефекторне (са једрима екстрапирамидалног система).

Ова разноликост веза са разним деловима ЦНС омогућава три основне улоге малог мозга:

1. у вези *са координацијом покрета* (контролише извођење покрета уопште - поправља и регулише),
2. у вези *са равнотежом*, због повезаности са вестибуларним апаратом у стању је да је добро одржава (некад је сматран да је *центар за равнотежу*),
3. у вези *са правилном регулацијом мишићног тонуса*, који он као виши координациони центар регулише.

5. Кора великог мозга

Површину великог мозга чини танак слој *сиве супстанције* (кора великог мозга), која покрива обе мождане хемисфере. Површина обе ове хемисфере испресецана је дубљим и плићим браздама између којих се налазе мање испупчене вијуге, па се на тај начин повећава површина коре великог мозга.

Бела супстанца великог мозга налази се испод његове сиве коре и сачињавају је разна нервна влакна, која спајају кору са нижим деловима ЦНС, преко усходних и нисходних путева провођења. Ова влакна такође повезују разне делове исте хемисфере, али и делове друге хемисфере.

Кора великог мозга је највиши орган пријема (рецепције) мирисних, видних, акустичних, укуских и површинско - проприорецептивних надражаја. У кори се налазе највиши центри регулације моторике, а процеси који се одигравају у њој су основа психичке делатности човека. Кора је уствари *седиште виших функција*, као што је *воља, мишљење, свест* и друго.

Иако кора великог мозга функционише као једна целина, ипак у њој постоје две области:

1. *Примарне (пројекционе) кортикалне области* у којима се завршавају крајњи неурони осећајних путева, а из ње полазе први неурони нисходних путева који иду према ефекторним органима, па се зато у овој области разликују:
 - *сензорне пројекционе области* које представљају централне делове појединих анализатора - чула,
 - *ефекторне пројекционе области* из којих полази моторни пирамидални пут ка нижим деловима ЦНС, преко кога се остварују вољни покрети.
2. *Асоцијационе кортикалне области (секундарне и терцијерне области коре)*, па се и ове области деле на сензитивне и моторне асоцијационе области.

Нормалном *функцијом пројекционих области* осигуравају се код човека *основне функције* вида, слуха, укуса, мириса, дубоке и површинске осетљивости и вољне моторике.

Нормалном функцијом *асоцијационих области* остварује се виша координација функција, односно *сазнање* оног што чујемо, видимо, миришемо, пипамо, радимо.

Безусловни и условни рефлекси

Код човека постоје безбројни и најразличитији, постојани *безусловни рефлекси (урођени рефлекси)*, који су под снажном контролом коре великог мозга. Основне карактеристике безусловних рефлекса су:

1. да се јављају само као функција нижих делова ЦНС,
2. да су урођени,
3. да постоји рефлексни лук чији су центри међусобно повезани одређеним проводним путевима,
4. да су веома постојани и остају током читавог живота.

Прилагођавање појединца одређеним условима спољашње средине и стицање (у току индивидуалног живота) најподеснијих реакцијских одговора остварено је тек образовањем многобројних *условних рефлекса*, који се формирају у току живота сваког појединца. Основне карактеристике условних рефлекса су:

1. да су многобројнији и разноврснији од условних рефлекса,
2. да се јављају као функција коре великог мозга,
3. да су индивидуални (лични),
4. да су стечени у процесу индивидуалног развоја на основу животног искуства,
5. да се формирају на бази безусловних рефлекса,
6. да њихов рефлексни лук иде кроз центре мождане коре,
7. да у великој мери зависе од одређених услова спољашње средине,
8. да имају временски карактер, јер се они стварају, ишчезавају и могу поново да се створе.

Условна рефлексна делатност и различите појединачне реакције човека у великом степену зависе од стања и својстава његовог нервног система у целини, од чега зависи брзина образовања условних рефлекса, њихова величина и бројност, трајност, интезитет.

2. Вегетативни (Висцерални) нервни систем

Б. Вегетативни (висцерални) аутономни нервни систем делује углавном *ван контроле и свести човека*, прима надражаје из унутрашњих органа и крвних судова и шаље импулсе ка истим или другим органима и заједно са системом ендокриних жлезда, обезбеђује *обављање основних животно важних функција*, које осигуравају живот у целини.

Симпатикус и *парасимпатикус* су два функционално антагонистичка дела вегетативног нервног система, која појачавају или смањују функције органа у циљу координације и усклађивања човечијег тела као целине у односу на његову унутрашњу и спољну средину.

7. МИШИЋНО - КОШТАНО-ЗГЛОБНИ СИСТЕМ

Човеков систем за кретање почиње са *рецепторима*, односно са чулима (1), па затим укључује *соматски нервни систем* (2), да би на крају у њега ушли *мишићни и коштано-зглобни систем* (3).

Како је делатност мишићног и коштано-зглобног система видљивја и уочљивија од свих осталих збивања у организму, често се они сматрају као једини део *апарата за кретање*.

Међутим, из наведених сазнања о делатности нервног система у *координацији покрета уопште*, као и у вези стварања и *аутоматизације моторних навика*, види се колико је нераздвојно повезан сваки покрет, не само са мишићно-зглобним системом као *извршним органом* преко кога се изводи одређени покрет, већ и са свим догађањем у која се у том времену врше у чулима и централном систему уопште. При томе је коштани систем само *пасиван део система за кретање*, док мишићни систем у томе представља *активни део система за кретање*.

Мишићни систем

У организму човека има преко 400 мишића, који представљају 40% целокупне масе човека. Разликујемо три врсте мишића:

- а. Глатке мишиће*, који се налазе у унутрашњим органима,
- б. Попречно-пругасте или скелетне мишиће*,
- в. Срчани мишић*.

а. Глатки мишићи улазе у састав унутрашњих органа и састављени су од дугих мишићних ћелија и под утицајем су вегетативног нервног система. Они се ритмично споро контрахују, али им је снага контракције често веома велика.

б. Скелетни мишићи представљају органе који су изграђени из више ткива, од којих је главно мишићно ткиво. Крвотоком се снабдевају хранљивим материјама, који из њих односи распадне продукте.

Основна јединица скелетног мишића је *мишићна ћелија (мишићно влакно)*, које садржи једно или више једара, а у њиховој цитоплазми се налазе њени контрактивни елементи, у облику кончастих творевина (*миофибриле*). Код човека су сви скелетни мишићи изграђени од црвених и белих мишићних ћелија.

Сваки скелетни мишић се састоји из *мишићног тела* и *мишићних припоја*. *Тело мишића* се састоји из *мишићних влакана* груписаних у *снопове*, где је сваки сноп састављен из више мањих снопова. Поједини мишићи имају видљиву поделу на два, ређе три или четири велика снопа, који на једном крају имају одвојене припоје, и они се тада називају *мишићним главама*. Тело мишића се помоћу густог везивног ткива - (мишићни припоји) причвршћује за одговарајућа места на костима.

У ређем броју случајева мишићни припоји се не налазе на костима већ на другим структурама: *везивној међумишићној прегради* или везивним опнама које се зову *фасције*, које прекривају и обмотавају групе мишића. Неки мишићи налажу на кост широком површином. Већина мишића ипак има бар један припој који је релативно мали и удаљен од тела мишића, па је везивно ткиво које обезбеђује такав припој у виду траке која се назива *тетива (tendo)*.

Тетива има дужих или краћих, ширих или ужих, округластих или пљоснатих, али су им заједничка својства отпорност на истезање и релативно мало трење приликом њиховог кретања. Везивно ткиво исте врсте као и тетива, које спаја две кости назива се *веза* или *лигамент (ligamentum)*.

в. Срчани мишић који гради срце има посебне одлике.

Инервација мишића

У сваки скелетни мишић, осим крвних судова, долазе одговарајућа ефекторна влакна периферног нервног система. То су **моторна нервна влакна** којима из ЦНС пристижу разни импулси, у дотични мишић изазивајући контракцију. Пошто се свако моторно влакно у мишићу завршава већим бројем ситних гранчица, свака од њих има контакт са са по једном мишићном ћелијом. Раздражење сваког појединог моторног влакна увек обухвата групу функционално недељивих мишићних ћелија, па се стога свака од ових мишићних група назива **моторна јединица (мион)**.

Физичка и физиолошка својства мишића

Основна физичка својства мишића су:

- **еластичност**, захваљујући којој мишић своје кретање врши равномерно (без скокова),
- **густина (вискозност)**, која даје мишићу одређену чврстину, омогућава његову пластичност, тј. способност да увек сачува свој облик.

Основна физиолошка својства мишића су:

- **раздражљивост (1)** и
- **контрактилност тј. надражење мишића**, које ако је довољно дуго, јако и нагло увек изазива **мишићну контракцију (2)**.

1. **Раздражљивост тј. осетљивост мишића** је увек нешто мања него што је осетљивост нервних влакана, јер мишићи имају виши **праг надражаја** од нервних влакана.

2. **Надражење мишића (контрактилност)** изазива **контракцију мишића** којих има неколико врста:

- **Појединачна** или **проста мишићна контракција**, коју изазива једно надражење са надпражним вредностима. Ових контракција нема у организму човека
- **Сложена мишићна контракција (тетануси)** настаје када се појави серија надржаја, тако да следећи надражај увек пада у фазу скупљања или попуштања мишићне контракције, проузроковане претходним надражајем. Њихова контракција је увек знатно већа него што су максималне појединачне контракције.
- **Изотоничне мишићне контракције** су мишићне контракције код којих долази до скраћења мишића по његовој дужини.
- **Изометријске мишићне контракције** су мишићне контракције (затезања) код којих дужина мишића од почетка до краја контракције остаје исте дужине.
- **Мешовите мишићне контракције** су наизменично смењивање изотоничних и изометријских контракција, као на пример код дизања терета.

При пристизању нервног импулса у скелетни мишић, односно при надражају мишића, у мишићу се увек јавља као одговор на то (поред основног - специфичног процеса **мишићне реакције**) комплетан процес раздражења са свим својим деловима:

- **електричним,**
- **хемијским и**
- **топлотним процесом.**

Електрични процес је прва манифестација процеса раздражења, веома кратко траје и скоро је завршен у латентном периоду мишићне контракције, али за собом повлачи врло велики **хемијски и топлотни процес**.

Хемијски процес се назива **хемизам мишићне реакције**, који уствари представља процес који првим делом ослобађа енергију коју ће мишић највећим делом да искористи за своју контракцију,

а преосталим делом за процес поновне синтезе (ресинтезе), односно изградње оне материје које су се у првом делу овог хемизма разградиле. На тај начин се хемијско стање у мишићу, већ у току контракције и после ње, враћа у оно хемијско стање у коме је било пре контракције.

Сви хемијски процеси и у овом првом делу, као и у другом делу, су веома компликовани и том приликом се многе хемијски сложене материје разграђују у простије материје, преко низа сложених процеса. Након тога се ове просте материје преко компликованих процеса супротног смисла поново изграђују у одговарајуће јако сложене материје, које су и раније постојале, при чему се у једном делу ових компликованих процеса *не троши кисеоник*, али је у њиховом другом делу његова *потрошња неопходна*.

Према томе, у хемијским процесима који се одигравају за време мишићне контракције разликује се:

- 1. анаеробна фаза (безкисеонички процес) и**
- 2. аеробна фаза (процеси уз утросак кисеоника).**

Анаеробни процеси су први процеси и при њима се, уз распадање сложених материја, *ослобађа енергија* потребна за мишићну контракцију и *аеробни процеси* у којима се једним делом *уклањају распадни продукти* створени током првог процеса, а другим делом врши *ресинтеза сложених материја*, које су се у првој фази распале.

На тај начин се остварује опорављање мишића после обављеног рада, што значи да је утросак кисеоника неопходан за добијање енергије за мишићни рад, као и за његов опоравак после обављеног рада, чиме је он доводи у добро стање за његов даљи рад.

На основу тога све хемијске процесе у вези са мишићним контракцијама делимо на две фазе:

- I фаза **ослобађање енергије** или **анаеробна фаза** и
- II фаза **оксидације** и **крајње ресинтезе** или **аеробна фаза**.

Анаеробна фаза (фаза ослобађања енергије)

Анаеробна фаза започиње безкисеоничком разградњом сложене органске материје *аденозин трифосфата*, односно *аденозин трифосфорне киселине*, која се разграђује на:

- пиродифосфорну киселину и
- аденилну киселину

Овај процес разградње протиче уз ослобађање велике количине енергије, која се највећим својим делом претвара у механичку енергију мишићне контракције, односно троши на мишићни рад.

Збирни ефекат ове фазе хемизма мишићне контракције састоји се из разградње органских једињења и процеса поновне синтезе претходно распалих материја готово у потпуно истим количинама у којима су се претходно и распали (аденозинтрифосфат и креатинфосфат), док разграђена остаје само мишићна глукоза у облику млечне киселине.

Ослобођена енергија у безкисеоничком (неоксидативном) процесу употребљена је за целокупни механички рад мишића и за потпуне ресинтезе аденозинтрифосфата и креатинфосфата, при чему се један мањи део енергије губи у облику топлотне енергије (*први термички ефекат*).

Према томе из читаве ове анаеробне (неоксидативне) фазе у мишићу једино остаје нересинтетозавана његова гликоза, која се распала до млечне киселине, па је млечна киселина крајњи производ неоксидативне фазе разградње шећера при мишићној контракцији.

Аеробна фаза (фаза оксидације и крајње ресинтезе)

Ова фаза почиње оксидацијом дела млечне киселине (1/3), створене у претходној фази, претварајући се сложеним процесом у крајње распадне продукте, односно на угљендиоксид и воду. И у овом процесу енергија створена у њему највећим делом се троши на ресинтезу мишићне глукозе из преостале 2/3 млечне киселине, при чему се један део енергије губи претварајући се у топлотну енергију (*други термички ефекат*).

Ни ова ресинтеза није потпуна, јер не може да се изгради иста количина глукозе колико је разграђена у првој фази ових процеса, због тога што се један део млечне киселине неповратно изгубио оксидишући се и претварајући се у угљен диоксид и воду.

Због тога је крајњи биланс у хемизму мишићне контракције (у првој и другој фази ових процеса) ***губитак извесне количине шећера из мишића*** и да би се вратио у првобитно стање мишић мора овај губитак ***потпуно да надокнади***, узимањем извесне количине глукозе из крви.

То значи да се мишићна контракција одиграва захваљујући енергији, добијеној безкисеоничном разградњом аденозинтрифосфата и креатинфосфата. Међутим шећер и кисеоник су неопходни мишићу за пуно успостављање његовог првобитног хемијског стања, односно за његов даљи ефикасан рад. Уколико све ово није осигурано ремети се читав биохемизам мишићне контракције и смањује радна способност тога мишића.

У случајевима недовољног крвотока при мишићним контракцијама у мишићу долази до све већег накупљања млечне киселине и других распадних продуката. То прво доводи до поремећаја стања у количини глукозе у мишићу, при чему се у овом случају за допуну своје изгубљене глукозе у први мах у мишићу разграђују његови гликогенски депои, користећи ове своје резерве шећера. Уколико услед недовољности шећера почиње да се ремети и потпуна ресинтеза аденозинтрифосфата и креатинфосфата, пошто су његове количине које се поново изграђују све мање у односу на ону количину која се у претходној контракцији разградила, тада долази до ***самотровања мишића*** и све бржег губитка његове радне способности.

а. Угљени хидрати као енергетски материјал

Метаболизмом угљених хидрата обезбеђује се већи део енергетских потреба и једино они могу да се метаболишу и аеробним (уз присуство кисеоника) и анаеробним путем (без кисеоника). Осим тога количина кисеоника неопходна за метаболизам угљених хидрата је мања него за метаболисање масти или протеина па се енергија потребна за стање мировања и физичке активности лаког до умереног интензитета обезбеђује аеробним путем.

Међутим, у активностима високог интензитета, организму је у кратком временском интервалу (10 секунди до 2 минута) неопходна велика количина енергије. У процесу разградње угљених хидрата велике брзине стварање АТП-а се одиграва без кисеоника. Овај процес сагоревања угљених хидрата без присуства кисеоника зове се ***анаеробна гликолиза***. Мада је анаеробна гликолиза брз начин да се скелетној мускулатури обезбеди неопходна енергија, количина енергије која се добија из гликолизе, без даље оксидације путем аеробног метаболизма, је веома мала.

За разлику од гликолизе, аеробни метаболизам као супстрате користи масти, протеине и угљене хидрате у циљу продукције високо-енергетских фосфата.

б. Мласти као енергетски материјал

Мласти представљају енергенте који се разлажу на масне киселине и глицерол деловањем ензима липазе. Када уђу у мишићну ћелију, масне киселине се активирају уз присуство АТФ и коензима А, а затим транспортују у митохондрије, где подлежу процесу оксидације. Мада сагоревање масти ангажује многе ћелијске механизме и релативно дуго траје, количина настале енергије веома је велика.

в. Протеини (беланчевине) као енергетски материјал

Протеини (беланчевине) се састоје из аминокиселина, које су основни градивни материјал свих протеина. Разлагањем беланчевина у танком цреву обезбеђује се њихов пролазак у крв, кроз зид танког црева. Амино киселине се током хемијских процеса потпуно разграђују и обезбеђују енергетски материјал за мишићни рад.

Да би могли да планирамо научно заснован програм тренинга морају се познавати одређене законитости у вези са **енергетиком мишићне контракције**.

Потрошња енергије у стању мировања просечног мушкарца тешког око 70 килограма износи око 1.2 килокалорије сваког минута, од чега 1/5 енергије одлази потрошњу скелетне мускулатуре. У току веће физичке активности повећава се значајно и потрошња енергије за ангажовање активне скелетне мускулатуре, па стога долази до раста срчане фреквенције, а тиме и минутног волумена крви (укупне количине крви коју срце испумпа за један минут) због повећаног метаболизма читавог организма.

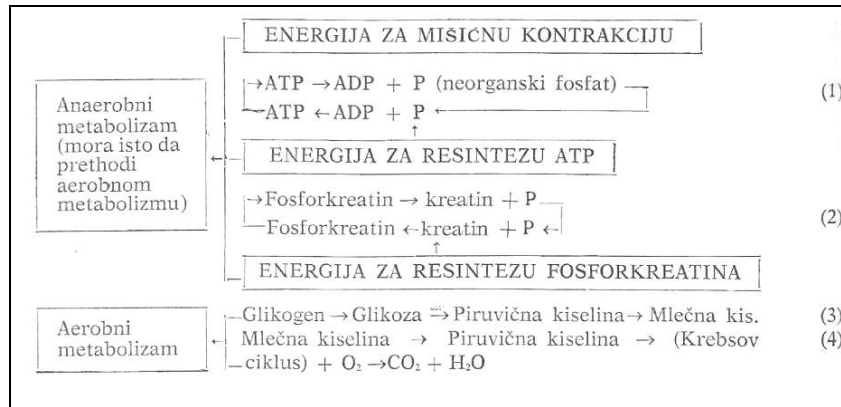
У време интензивног вежбања укупна потрошња енергије повећава се за 15 до 25 пута изнад вредности у мировању (око 18-30 kcal/минут). Највећи део енергије организам користи за рад активне скелетне мускулатуре, која се добија у аеробном и анаеробним процесима приликом сагоревања материја богатих енергијом.

Угљени хидрати, масти и протеини, који се уносе исхраном, поседују енергетски материјал који се низом хемијских реакција трансформише и депонује у форми високо-енергетског једињења, аденозин трифосфата (АТФ), састављеног од нуклеотида аденина, рибозе и три фосфатне групе. Свака фосфатна група везана је тзв. високо-енергетским везама чијим одвајањем долази до ослобађања хемијске енергије. Из ослобођене енергије (путем хидролизе) високо-енергетске супстанце АТФ, из којих настају аденозин дифосфат (АДФ) и неорганска фосфатна група (Pi), покреће контракцију скелетне мускулатуре.“ (др Сергеј Остојић)

Наиме, метаболички процеси који задовољавају **енергетске потребе мишићне контракције** обично се одигравају у присуству довољно кисеоника (O_2) за оксидацију угљених хидрата (као извора енергије) потпуно у угљен диоксид (CO_2) и воду (H_2O) - **аеробна мишићна активност**. Ако је интензитет овог рада довољно низак он се може обављати најмање 5 минута или дуже, али ако је интензитет рада веома висок, настаје исцрпљеност у року једног до два минута или мање, па се енергија за мишићни рад обезбеђује из **анаеробног процеса** (без O_2), јер кисеоник не може да се пренесе довољно брзо, преко плућа и кардиоваскуларног система, да би се задовољила повећана потражња.

Четири процеса, који се сви дешавају у мишићној ћелији, су у вези са хемизмом мишићне контракције, а три од њих су заједничка аеробној и анаеробној контракцији. Прве три реакције су реверзибилне. То значи, те реакције су такве да чим се разложе неки молекули АТФ ради енергије за контракцију мишићног влакна, други молекули ADP и P регенеришу се по цену енергије из следеће реакције.

Очевидно је да се мора успоставити равнотежа између брзине разлагања и брзине регенерације, јер би иначе мишићни напор остао без горива. На тај начин, свака приказана реакција зависи од енергије испод како би могла да одржи равнотежу са потребном енергијом за реакцију изнад. Или, можемо да кажемо да свака следећа реакција даје енергију за обрнути ток претходне реакције на следећи начин:



Слика 125. Енергетски процеси

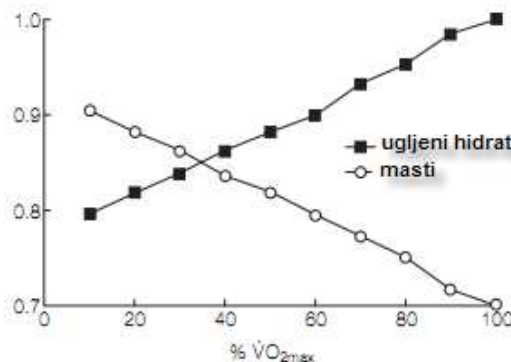
Из овога се види да аеробни и анаеробни метаболизам деле заједничке путеве *гликогенолизе* и *гликолизе*. Гликогенолиза се дефинише као разлагање крупног молекула гликогена на многе молекуле глукозе, а гликолиза се дефинише као цепање молекула глукозе на два молекула пирувичне (пирогрођане) киселине. У одсуству (или релативном недостатку) O_2 реакције се могу одвијати само кроз једначину 3 уз производњу млечне киселине као крајњег производа, уз ослобађање малих количина енергије. Четврта реакција са својим оксидативним путем даје веће количине енергије“. (Herbert A. Devris: *Физиологија физичких напора у спорту и физичком васпитању*)

При сложеним мишићним контракцијама (тетанусима) хемизам мишићне контракције је далеко већи, него при појединачним контракцијама, па је све теже да се сталним ресинтезама у току тетануса надокнаде оне количине резервног материјала (пре свега шећера), које се тада разграђују, због чега се у мишићу све више акумулира млечна киселина и други распадни производи, који у већој мери оштећују мишићни рад и доводе до замора мишића.

Коришћење енергетског материјала током вежбања (енергетски материјал и тренинг)

Током мишићног рада користи се енергија из различитих извора, комбинацијом аеробних и анаеробних извора, што зависи од интензитета вежбања. Тако на пример краћа и интензивнија активност више користи анаеробне изворе енергије, док активност дужег трајања и нижег интензитета добија енергију из аеробних извора.

Угљени хидрати и масти су примарни извори енергије на почетку активности и током интензивнијих аеробних вежбања, али током дужег трајања аеробног вежбања нижег и умереног интензитета (преко 30 минута), масти постају примарани извор енергије.



Слика 126. Коришћење различитих извора енергије током промене интензитета вежбања

Ниско-интензивне активности

Преласком из стања мировања у стање ниско-интензивне активности повећавају се потребе организма, (пре свега скелетне мускулатуре) за кисеоником. **Стабилно стање задовољених потреба** достиже се након 1 до 4 м., док време потребно за достизање ове равнотеже расте при већим нивоима оптерећења и дуже је код слабије утренираних појединаца него код врхунских аеробно-утренираних спортиста.

Пошто потрошња кисеоника не порасте тренутно до стабилног стања на почетку вежбања, анаеробни извори (фосфокреатински систем и гликолиза) обезбеђују енергију за мишићни рад у првим фазама активности, па се углавном користи мишићни гликоген. Када се постигне стабилност снабдевања кисеоником, потребе за АТФ-ом се подмирују аеробном продукцијом енергије.

Без обзира на повећање уноса кисеоника на почетку активности (брже и дубље дишемо), приметно је његово недовољно уношење, које се назива **кисеонички дефицит (дуг)**.

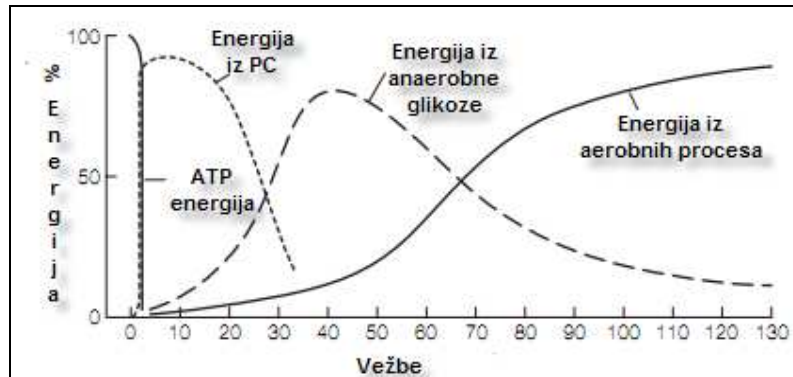


Слика 127. Кисеонички дефицит (дуг)

Високо-интензивно вежбање кратког трајања

Високо-интензивно вежбање кратког трајања користи аеробне и анаеробне изворе, а који ће од тих извора енергије да буде коришћен за продукцију АТФ-а (фосфокреатински или гликолитички), зависи од дужине трајања мишићне активности. Тако на пример:

1. Приликом извођења кратких високо-интензивних активности у трајању од 5 до 60 секунди, као на пример дизање тегова, спринт или скокови (у даљ, вис, троскок), енергија долази пре свега из анаеробних извора енергије.
2. За све активности које трају краће (од 8 до 10 сек) енергија се добија коришћењем фосфокреатинског система, док се за активности дужег трајања (од 10 сек. до 2 мин) енергија добија анаеробним разлагањем угљених хидрата уз мали допринос фосфокреатинског система. Прелазак из једног у други анаеробни систем се постепено догађа са порастом дужине трајања активности.
3. Активности које трају дуже од 45 секунди користе у извесној мери, све изворе енергије - фосфокреатински систем, гликолизу и механизме оксидативне фосфорилације. Енергија за спринт на 400 м. добија се из анаеробних извора енергије (70%) у којима доминира гликолиза, док је остатак обезбеден аеробним метаболизмом. Главни извор енергије у овим активностима су угљени хидрати (гликоген) депоновани у скелетној мускулатури.



Слика 128. Динамика коришћења енергетских система током вежбања

Продужена субмаксимална активност

Стабилна потрошња кисеоника се може одржавати од 10 до 60 минута субмаксималне континуиране активности, с тим што се у топлом и влажном амбијенту доводи до каснијег и отежаног успостављања стабилног стања. Осим тога при дугој и континуираној активности при већем оптерећењу долази до благе пораста потрошње кисеоника (VO_2) током времена, слично вежбању у топлом амбијенту. Током ових активности користе се као извори енергије и угљени хидрати и масти.

Прогресивно повећање интензитета вежбања

Приликом прогресивног повећања интензитета вежбања потрошња кисеоника расте све до достизања максималне вредности. При достизању стабилног стања АТФ за мишићну контракцију се добија пре свега из аеробних извора. Међутим, када се интензитет повећава, концентрација лактата у крви расте што је последица доминација анаеробне гликолизе у обезбеђивању енергије за физичку активност. Нагли пораст нивоа лактата у крви се назива **анаеробни** или **лактатни праг** и његово мерење има значајно место у дозирању оптерећења на тренинзима и предвиђању постизања спортске форме, а тиме и резултата.

Опоравак од вежбања

Неколико минута након завршетка вежбања, током опоравка, потрошња кисеоника остаје повећана изнад вредности у мировању. Ова повећана потрошња кисеоника се традиционално зове **кисеонички дуг**. Повећана потрошња кисеоника током опоравка („отплаћује се кисеонички дуг“) је последица више фактора као што су обнова ткивних и ћелијских депоа кисеоника, балансирање пораста телесне температуре, усклађивање поремећаја јонске равнотеже услед нагомилавања лактата. Мерење кисеоничког дуга ефикасна је метода праћења утренираности посебно код аеробних спортова.

Базални метаболизам

Базални метаболизам је минималан ниво енергије потребан за одржавање виталних функција организма у мировању. Под мировањем се подразумева мировање у лежећем положају. Унутрашњи органи доприносе стопи базалног метаболизма у различитој мери. Јетра је највећи потрошач енергије у мировању (око 30%), затим мозак (20%), мишићи (18%), срце (10%), плућа (9%) и бубрези (7%). Енергија коју троше мишићи у мировању примарно се користи за одржавање тонууса и тензије која не престаје ни за време ноћног одмора. Базални метаболизам је сразмеран површини тела и често се изражава у $kcal/m^2$, $kcal/дан$ или $VO_2 ml/мин$.

Стопа базалног метаболизма опада са годинама а највеће вредности бележе се код дечије популације током раста и развоја. У свим фазама живота, вредности за мушкарце су веће од

вредности за жене за 5 до 6%. Изражено у калоријама, просечна стопа базалног метаболизма за одраслог мушкарца износи око 1500 до 1800 kcal/дан а код жена 1200 до 1450 kcal/дан.

Базални метаболизам директно зависи:

- од површине тела и ћелијске масе, па због тога гојазне особе које имају већу површину тела и већу ћелијску масу у поређењу са нормално ухрањеним особама имају и већу стопа метаболизма,
- унутрашња температура такође утиче на вредност базалног метаболизма, тако се за сваки степен пораста температуре стопа метаболизма повећава за 13%, док смањење температуре смањује и стопу базалног метаболизма,
- унос хране утиче на стопу базалног метаболизма, тако да на пример гладовање смањује базални метаболизам делујући као одбрамбени механизам којим се организам брани и штеди енергију, док прекомерен краткотрајан унос хране повећава степен базалног метаболизма,
- физичка активност утиче на вредности базалног метаболизма, тако да се након завршетка физичке активности уочава пораст нивоа метаболизма. Ако особа потроши 200 до 300 kcal за време тренинга, након активности троши се додатних 20 до 30 kcal као последица отплате тзв. кисеоничког дуга. Престанком дужих активности (80 до 180 минута) умереног интензитета (50 до 75% VO_{2max}) долази до дугорочног повећања метаболизма у мировању које траје 24 до 48 часова након тренинга. Због тога је метаболизам у мировању увећан за око 200 kcal/дан код особа које су редовно физички активне.

УЦБЕНИК ЈЕ НАМЕЊЕН СТУДЕНТИМА ВИСОКЕ ШКОЛЕ СТРУКОВНИХ СТУДИЈА АКАДЕМИЈА ФУДБАЛА БЕОГРАД И ДАЈЕ СЕ БЕСПЛАТНО.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Анастасијевић Радмило и Максимовић Богдан: ФИЗИОЛОГИЈА ЧОВЈЕКА СА ОСНОВАМА ФИЗИОЛОГИЈЕ СПОРТСКИХ НАПОРА. Републички завод за физичку културу БиХ. Сарајево, 1956.
2. Бошковић С. Марјан: АНАТОМИЈА ЧОВЕКА (дескриптивна и функционална). Медицинска књига. Београд - Загреб, 1964.
3. Herbert A. deVris: ФИЗИОЛОГИЈА ФИЗИЧКИХ НАПОРА У СПОРТУ И ФИЗИЧКОМ ВАСПИТАЊУ. Републичка заједница физичке културе СР Србије. Београд, 1976.
4. Душко Спасовски, Милош Обреновић: ОСНОВИ ТОПОГРАФСKE И ФУНКЦИОНАЛНЕ АНАТОМИЈЕ ЧОВЕКА. Спортска академија Београд. Београд, 2003.
5. Остојић Сергеј М.: ОСНОВИ ФИЗИОЛОГИЈЕ СПОРТА. ТИМС Факултет за спорт и туризам Нови Сад. Нови Сад, 2007.
6. Лекић Душан: ОСНОВЕ АНАТОМИЈЕ И ФИЗИОЛОГИЈЕ СПОРТА. Спортска академија Београд. Београд, 1997.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

611 (075.8)
796.012:612 (075.8)

КАРЗОУН, Нађат, 1969-2011

Основе анатомије и физиологије спорта/
Нађат Карзоун, Милош Обреновић. – Београд:
Висока школа струковних студија Академија
фудбала Београд, 2013 (Београд : Д.Т.А.).-155 стр.

Тираж 300. – Библиографија: стр. 155.

ISBN 978-86-916055-0-6
1. Обреновић, Милош, 1963- {аутор}
а) Анатомија б) Физиологија спорта

COBISS.SR-ID 193825036