

**POKRAJINSKI ZAVOD ZA SPORT I MEDICINU SPORTA  
NOVI SAD**



# **OSNOVE FIZIOLOGIJE SPORTA**

**INTERNA SKRIPTA**

**Novi Sad, 2021.**

## Sadržaj

UVOD.....	3
GRAĐA LJUDSKOG TELA.....	3
ĆELIJA.....	3
TKIVA.....	3
ORGANI I ORGANSKI SISTEMI.....	4
KARAKTERISTIKA OBLIKA ČOVEČJEG TELA.....	4
SISTEM ORGANA ZA KRETANJE.....	5
KOSTI.....	5
ZGLOBOVI.....	9
MIŠIĆI.....	13
SISTEM ORGANA ZA DISANJE.....	19
Mehanika disanja.....	19
SISTEM ORGANA ZA KRVOTOK .....	21
SRCE.....	22
KRVNI SUDOVI.....	23
KRVNI PRITISAK.....	25
KRV.....	26
Limfnii sistem.....	27
IMUNSKI SISTEM.....	27
SISTEM ORGANA ZA VARENJE .....	28
SISTEM ORGANA ZA IZLUČIVANJE.....	30
Drugi organi za izlučivanje.....	31
ŽLEZDE SA UNUTRAŠNJIM LUČENJEM .....	32
HIPOFIZA.....	32
Tireoidna žlezda.....	33
Paratireoidne žlezde.....	33
TIMUS.....	34
Nadbubrežne žlezde.....	34
PANKREAS.....	34
POLNE ŽLEZDE.....	34
CENTRALNI NERVNI SISTEM I ČULA.....	35
Putevi nervnog sistema.....	35
ČULA I ČULNI ORGANI.....	38
POKROVNI SISTEM.....	39
HOMEOSTAZA.....	40

## UVOD

Anatomija izučava oblik, građu, položaj i uzajamne odnose organa, a fiziologija njihovu funkciju.

Ove dve nauke, zapravo, čine jednu celinu, jer su trenutno stanje i promene oblika, građe i funkcije čoveka izvanredno uzajamno povezane i dešavaju se istovremeno. Pokretač svih mogućih promena je izmenjena funkcija organa pod uticajem mnogih unutrašnjih i spoljašnjih faktora. Nas interesuju pre svega, one morfološko-funkcionalne promene koje nastaju u organizmu zdravog čoveka sportiste kao posledica prilagodavanja organizma na fizički napor. Promene grade i funkcije organa i organizma sportiste, pod uticajem rada u sportu, najočigledniji su primer pozitivnih promena, hipertrofije organa i porasta njihove funkcije. Nasuprot ovim pozitivnim promenama koje izaziva rad, smanjenje rada i kretanja uopšte, praćeno je involutivnim promenama u organizmu čoveka sa vidljivom hipotrofijom organa i smanjivanjem njihove funkcije.

Za trenere je poznavanje građe i funkcije ljudskog organizma i njihovu promenljivost veoma značajno kako bi pravilno planirali i dozirali intenzitet rada za svakog sportista.

Ove nauke čine osnovu mnogim drugim naučnim disciplinama značajnim za bavljenjem fizičkom aktivnošću.

## GRAĐA LJUDSKOG TELA

### ĆELIJA

Ćelija je osnovna jedinica živih bića, koja ispoljava sva svojstva kao i svaki odrastao organizam. Ona se rađa, raste, vrši određenu funkciju, deobom daje nove ćelije i na kraju umire.

Ćelije se međusobno razlikuju po veličini, obliku i funkciji. **Veličina** im se kreće od nekoliko mikrona do ćelija vidljivih golim okom. Po **obliku** mogu biti kockaste, zvezdaste, pljosnate, cilindrične itd. **Funkcija** ćelija je takođe veoma različita. Mišićna ćelija je adaptirana da se kontrahuje, nervna ćelija prima i prenosi impulse, a crvena krvna zrnca prenose kiseonik.

**Glavni delovi ćelije** jesu ćelijska opna, citoplazma, jerdo i organele, od kojih su najvažnije mitohondrije, često nazivane ćelijskom laboratorijom a tu su i endoplazmatični retikulum, lizozom, ribozom, Goldžijev aparat. U jedru se nalazi genetski materijal koji je odgovoran za funkcionisanje ćelije i za prenošenje naslednih osobina.

U sastavu ćelija najviše ima vode - 60 do 80%, belančevina, ugljenih hidrata, masti i elektrolita.

Ljudsko telo je sačinjeno od preko 100 biliona ćelija, udruženih prema anatomskim, funkcionalnim i razvojnim karakteristikama.

### TKIVA

Više ćelija, istih po obliku i funkciji, obrazuju tkiva. Ćelije unutar tkiva naležu jedna na drugu i uzajamno su povezane ćelijskim produžecima. Između ćelija je međućelijski prostor ispunjen tečnošću.

Postoje četiri vrste tkiva: epitelno, vezivno, mišićno i nervno.

**Epitelno tkivo** se sastoji samo iz epitelnih ćelija. Dve njegove najvažnije funkcije su **funkcije pokrivanja**, zato što epitelno tkivo oblaže (pokriva) spoljašnju površinu tela i unutrašnje šupljine i **funkcija lučenja**, pošto epitelne ćelije ulaze u sastav žlezda koje luče materije različite prirode koje izbacuju u krv ili izvan tela.

**Vezivno tkivo održava** ljudsko telo **u jednom stalnom obliku**, ispunjava prostore između **tkiva** i iste **drži u stalnoj međusobnoj vezi**. U stvari postoje različita vezivna tkiva: **labavo** ili rastresito vezivno tkivo, raspoređeno po čitavom organizmu, koje ima veliki značaj u ishrani svih tkiva, jer omogućava krvnim sudovima da prođu kroz njega, **gusto** vezivno tkivo, koje je veoma otporno i koje formira tetine i ligamente, a tu su i druga **specijalna** vezivna tkiva sa posebnim svojstvima, kao što su masno tkivo, hrskavičavo i koštano tkivo, krvno i limfno tkivo.

**Mišićno tkivo** je formirano od mišićnih ćelija koje su izduženog oblika i sposobne su da se grče pod uticajem odgovarajućeg nadražaja, a zatim da se vrate u prvobitan položaj; ono **omogućava pokretljivost** telu i njegovim unutrašnjim strukturama.

**Nervno tkivo** je sastavljeno od specijalnih ćelija neurona, koji su sposobni i da **registrouju i da proizvedu draži**, kao i da prenesu informacije u obliku električnih impulsa. Impulsi upravljaju radom mišića i žlezda kao i realizacijom viših intelektualnih funkcija.

## ORGANI I ORGANSKI SISTEMI

Više tkiva obrazuju organ deo tela određenog oblika i funkcije, a više organa koji obavljaju jednu složenu funkciju rada - pribore ili sisteme. U čovečjem telu postoji sledeći sistemi ili pribori:

- › Sistem organa za kretanje,
- › Sistem organa za disanje,
- › Sistem organa za krvotok,
- › Sistem organa za varenje,
- › Sistem organa za izlučivanje,
- › Sistem organa za razmnožavanje
- › Nervni sistem,
- › Endokrini sistem,
- › Sistem čula i
- › Imuni sistem

## KARAKTERISTIKA OBLIKA ČOVEČJEG TELA

Čovečje telo karakteriše prisustvo kičmenog stuba (osovinskog skeleta) i prividna spoljašnja simetrija dve bočne polovine. Simetrija bočnih polovina unutrašnjih organa nije potpuna, jer su neki organi neparni i nalaze se na jednoj strani. Spoljašnji izgled čovečjeg tela podeljen je u više delova: glava, vrat, trup i gornji i donji ekstremiteti. Da bi smo znali da odredimo položaj nekog organa i dela tela potrebno je da poznamo **osnovni anatomski stav**:

- stojeći stav
- opruženih ruku i nogu
- paralelnih stopala
- šaka okrenutih tako da dlan gleda put napred
- posmatra se prednja strana tela

Naučnici koji proučavaju anatomiju skelet dele na:

- **osovinski**, kruti skelet: lobanja, grudni koš i kičmeni stub
- **ependikularni**, pokretni skelet: ramena, ruke, kukovi, noge

## SISTEM ORGANA ZA KRETANJE

Organe za kretanje sačinjavaju kosti, zglobovi i mišići.

Funkcija skeletnog sistema:

- › održavanje uspravnog položaja tela
- › zaštita vitalnih organa (mozak, kičmena moždina, srce i pluća)
- › pružanje tačke oslonca mišićima
- › depo kalcijuma i fosfora
- › hematopoezna uloga (u kostnoj srži se proizvode krvne ćelije(er i le)
- › daju spoljašnju simetriju bočnih polovina tela

## KOSTI

Kosti su čvrsti organi od kojih je izgrađen skelet koji u čoveka broji 206-208 stalnih kostiju.

Kost je četiri puta jača od betona, pripada vezivnom tkivu. Kosti se sastoje iz ćelija izduženog oblika i osnovne međućelijske mase, u kojoj su istaložene kalcijumove soli. Osnovna masa ima slojevitu građu, a između slojeva su koštane ćelije: koštano tkivo je složena mreža organskih i mineralnih materija u stalnom obnavljanju. Sastoji se od živog tkiva koje je stalno aktivno i na koje se talože minerali koji kostima daju čvrstinu. Specijalne ćelije – **osteoblasti** proizvode **osteoidnu supstanцу** (organska matrica od kolagenih vlakana i amorfнog materijala) u kojoj se talože minerali (Ca, P). Osteoidna supstanca se raspoređuje u koncentričnim lamelama ili pločicama oko kanala kojim prolazi krvni sud, a kroz te lamele prolazi mnoštvo poprečnih kanalića. Tako se formiraju **trabekuli** ili koštane gredice čiji nam raspored omogućava da razlikujemo: **kompaktno** ili zbijeno **tkivo** u kori (spoljni deo) kostiju i **sunderasto tkivo** u koštanoj srži (manje gusto i poroznog izgleda). Ovakva struktura čine kosti izuzetno izdržljivim na snažne sile koje deluju na telo (sile pritiska i istezanja). Kompaktni sloj kostiju pokriven je vlaknastom membranom koja se zove **pokosnica ili periost** u kojoj se nalaze krvni i limfni sudovi i nervni završeci perifernih nerava. Šupljina unutar svake kosti sadrži crvenu koštanu srž (krvotvorno tkivo) ili žutu kosnu srž (masno tkivo).

Po obliku kosti se dele:

- › duge (u gornjim i donjim ekstremitetima tela),
- › kratke (kosti ručja, doručja i prstiju kao i kosti nožja, donožja i nožnih prstiju),
- › pljosnate (kosti glave, lopatica i kosti karlice)

Sve duge kosti su sastavljene iz tri dela: **tela kosti ( dijafiza)**, valjkastog oblika sa koštanim tunelom u sredini, **vrata kosti** i dva kraja kosti: **glave kosti – gornja i donja (jabučica ili epifiza)i**. Vrat kosti je najosetljivije mesto za prelom i najčešći prelomi se odigravaju upravo na toj lokalizaciji.

Sve kosti zajedno čine kostur čoveka koji prema regionima tela delimo na:

- › kosti glave,
- › kosti trupa
- › kosti gornjih udova i
- › kosti donjih udova

## KOSTI GLAVE

Kosti glave pripadaju pljosnatim kostima. Među sobom se zglobljavaju šavovima. Ove kosti ograničavaju dva koštana prostora – lobanju, u kojoj je smešten mozak, i prostor koji formiraju kosti lica u kojem je smešten početni deo sistema organa za disanje i varenje.

**Kosti lobanje** čini dve parne kosti- slepoočna kost ( os temporale ) i temena kost (os parietale) i četiri velike neparne kosti:

1. čeona (os frontale)
2. klinasta (os sphenoidale)
3. sitasta (os ethmoidale)
4. potiljačna (os occipitale)

Kosti lica čini 15 kostiju od kojih su 6 parnih i 3 neparne. Licem prominiraju i spolja se mogu napipati nosne kosti (os nasale), jabučne kosti (os zygomaticus), kosti gornje (maxilla) i donje vilice( mandibula).



## KOSTI TRUPA

U kosti trupa spadaju kosti kičmenog stuba i kosti grudnog koša.

**Kičmeni stub** predstavlja **osovinu trupa**. Pruža se duž čitave srednje linije leđa, od baze lobanje do karlice. Ima oblik latiničnog slova S i dve krivine koje omogućavaju amortizaciju pokreta ljudskog tela. Tela kičmenih pršljenova nose težinu čovečjeg tela, a pršljeni luci formiraju kičmeni kanal kroz koji prolazi kičmena moždina. Kičmeni stub se sastoji se od 33-34 kičmena pršljenja ( 7 vratnih, 12 grudnih, 5 slabinskih, 5 krsnih i 4-5 trtičnih pršljenova). Poslednjih 9-10 kičmenih pršljenova su srasli i formiraju krsnu i trtičnu kost. Ovo u mehaničkom smislu predstavlja, kod određenih sportova, "slabu tačku sistema" (*locus minoris resistentiae*) i ulazno mesto velikog broja prenaprezanja u toku određenog mišićnog rada (skokovi i doskoci). Tipično oštećenje ovog dela kičmenog stuba i opterećenosti muskulature predstavljeno je "sindromom bolnih leđa"(syndroma lumbale) tako čestog kod košarkaša i odbojkaša. Inače kičmeni pršljenovi spadaju u kratke kosti.

### Kosti grudnog koša

Grudni kičmeni pršljenovi na svojoj bočnoj strani zglobljavaju se sa rebrima. Od 12 pari rebara, 7 gornjih (pravih) zglobljavaju se sa svojim prednjim krajem sa grudnom kosti (sternum) a ostalih pet sačinjavaju rebarni luk i tako ceo grudni koš ima cilindričan oblik. Specifična zakošenost (nategnutost) rebarnih lukova u odnosu na horizontalnu ravan olakšava pokret disanja jer se nakon udijala koji je čisto mišićna radnja (dijafragma ili stomačni mišići), izdisanje je pasivno potpomognuto silom koja se stvorila natezanjem rebarnih lukova i njihovom težnjom da se vrate u prvobitni položaj.

## KOSTI GORNJIH UDOVA

Kosti gornjih udova su kosti ramena i kosti ruke.

**Kosti ramena** su - ključnjača (clavicula) i lopatica (scapula).

**Kosti ruke** čine nadlaktična kost (humerus), dve podlaktične kosti, žbica i laktica ( radius i ulna) i kosti šake. Nadlaktica je duga, cevasta kost. Svojim krajevima, gornjim i donjim, ulazi u sastav ramenog i lakatnog zgloba.Žbica je spoljna, a laktica unutrašnja kost.

*Ključna kost* deli predeo prednje strane vrata od grudnog koša i može se lako opipati ispod kože.

*Lopatica* je pljosnata trouglasta kost, okružena snažnim mišićima i nalazi se sa zadnje strane ramenog pojasa. Lako se može napisati njen koštan i greben.

Kosti šake se dele na kosti ručja (8), kosti doručja (5) i falange prstiju(5). Prvi prst, palac se nalazi u oponiciji u odnosu na ostala četiri prsta i na taj način omogućava precizno i snažno hvatanje predmeta.

### **KOSTI DONJIH UDOVA**

Kosti donjih udova predstavljaju karlične kosti i kosti noge.

**Karlične kosti** su dve parne kosti koje pripadaju pljosnatim kostima i pored hemopoetske uloge imaju izuzetnu ulogu u statici ljudskog tela. Ona se sa svojom dubokom zglobnom čašicom spolja zglobljava sa natkolenicom i unutra šavnim zglobljavljanjem sa krsnom kosti. Tako ova kost čini vezu između noge i kičmenog stuba.

Karličnu kost sačinjavaju do puberteta tri kosti:

- bedrena- os coxae
- sedalna- os sacrum
- preponska- os pubis

Leva i desna karlična kost, zajedno sa krsnom kosti zatvaraju prostor velike i male karlice.

**Kosti nogu** sačinjavaju:

- butna kost (femur)
- dve kosti potkolenice: golenjača- tibia  
lisnjača- fibula
- kosti stopala

Sve kosti noge, kao i sve kosti ruke, spadaju u cevaste kosti. **Butna kost** je najveća cevasta kost u ljudskom telu i shodno tome najteže se lomi. Za prelom butne kosti neophodan je izrazito veliki momenat sile koji se nalazi uglavnom kod velikih brzina kretanja tela (saobraćaj, skijanje i sl.). Butna kost se svojim krajevima zglobljava u zglobu kuka i zglobu kolena. **Kosti potkolenice**, od kojih je golenjača jača, zglobljavaju se sa svojim krajevima u zglob kolena i skočni zglob. U sastav zgloba kolena ulazi i **patelarna kost** koja kao da je umetnuta u tetivu četvoroglavog mišića buta. **Kosti stopala**, svojom arhitekturom čine svojevrsni dinamički most - svod stopala čijim lukom započinje prva linija amortizacije traume koju proizvodi bipedalan hod (hod na dve noge). Sile koje se stvaraju u tačkama oslonca stopala na tlo razlažu se složenim razlaganjem vektora preko kolenog zgloba, kuka, slabinskih i cervicalnih krivina, tako da u normalnom hodu, glava i ne oseća potrese koje neravnomernost i dinamika hoda izazivaju u toku kretanja. Kosti stopala čine kratke kosti nožja, donožja(5) i prsti noge(5). Među kostima nožja najveće su skočna i petna kost.

Rastenje kostiju u dužinu odvija se osteogenom aktivnošću spojnih hrskavica izmedju tela (dijafize) i glave kosti (epifize) . Oko 23-25 godine u svim kostima tela se spoje epifiza i dijafiza te prestaje dalji rast. Pomoću rendgen snimaka kostiju ručja i dugih kostiju ekstremiteta, moguće je ustanoviti da li je završen rast kostiju, što se veoma često čini u pojedinim sportovima gde je, u selektivnom modelu, neophodna velika visina sportiste. Pored rasta u dužinu, rast kostiju se odvija i u širinu aktivnošću perista koji svojom unutrašnjom stranom stvara kost. Rast i razvoj koštanog sistema podrazumeva i procese ugradnje minerala, naročito kalcijuma(Ca) i fosfora(P), koji građu kosti čine izuzetno čvrstom. Rast kostiju je veoma intenzivan proces . Dokaz za to je podatak da se u toku komplettnog perioda rasta sama TM organizma poveća za 21 put dok se masa kostiju poveća za 27 puta.

Odredjen broj faktora, kako spoljašnjih tako i unutrašnjih, utiče na razvoj i rast kostiju ali je, od svih organskih sistema, koštani najbolje genetski determinisan.

Od unutrašnjih, najbitniji je svakako nasleđe. Pored njega, veoma bitnu ulogu igraju i humoralni faktori gde od funkcionisanja pojedinih žlezda sa unutrašnjim lučenjem zavisi veličina i tempo razvoja kostiju. Tako nedovoljno lučenje somatotropnog hormona (STH) iz prednjeg režnja hipofize (adenohipofize) dovodi do zaustavljanja procesa enhondralnog okoštavanja i shodno tome do smanjenja rasta. Od vremena početka patološkog procesa na hipofizi ili u njenoj okolini (tumor), zavisi da li će se i u kojoj meri razviti patuljasti rast. Sličnu kliničku sliku daje i smanjenje funkcije tireoidne žlezde. S druge strane, prepubertetna kastracija (evnusi) i pojačana aktivnost prednjeg režnja hipofize dovodi do pojave pojačanog procesa rasta kako dugih (enhondralno okoštavanje) tako i pljosnatih (endesmalno) okoštavanje kostiju što se ogleda u kliničkoj slici gigantizma sa akromegalijom. Pored ovih i paratireoidna žlezda, čija je funkcija da reguliše metabolizam Ca i P, ima veoma bitnu ulogu u procesima okoštavanja.

Pored navedenih unutrašnjih, postoje i spoljašnji faktori koji mogu uticati na proces okoštavanja. To su u prvom redu **ishrana i mehanički faktori**. Pravilna zastupljenost svih bitnih hranljivih elemenata u ishrani i redovan energetski bilans dovode do normalnog procesa okoštavanja. Hronično gladovanje u periodima rasta i razvoja organizma dovodi do zastoja ili poremećaja (rahitis) u rastu kostiju. Naročito je važno istaći da nedostatak pojedinih vitamina u ishrani može poremetiti oseljive odnose regulacije rasta kostiju, a naročito nedostatak vitamina D. Za aktivaciju procesa korišćenja vitamina D neophodno je izlaganje tela dejstvu sunčevih zraka zbog čega se savetuje deci u razvoju da se u letnjim periodima sunčaju.

Od mehaničkih faktora, u osteogenezi su naročito značajni dejstvo sile istezanja i sile pritiska od kojih zavisi arhitektura pojedinih kostiju. Mehaničke sile koncentrišu svoje dejstvo na pojedine tačke kostiju u zavisnosti od statike i na taj način omogućavaju kostima da se, adaptacijom na spoljašnji nadražaj, razvije kvalitetna odgovarajuća arhitektura. Međutim, veoma je bitno da se u određenim vulnerabilnim periodima, kada dolazi do pojačanog rasta, vodi računa da ne dodje do preteranog dejstva sile pritiska na kosti i pojave patoloških krivina u kostima, menjanja pozicije tačaka na koje dejstvuju mehaničke sile i shodno tome, daljeg pogoršanja procesa krivljenja. O ovom momentu naročito treba da vode računa profesori fizičkog vaspitanja i treneri mlađih sportskih uzrasta kada vrše programiranje nastave fizičkog vaspitanja razredima čiji su učenici u pubertetu ili sportistima istog doba. Pravilnim rasporedom vežbi istezanja i doziranjem mišićnog rada na času, dobar nastavnik - trener će izbeći moguću pojавu komplikacija u razvoju svoje dece, a delovaće i preventivno na sprečavanju njihove eventualne pojave.

Sam mišićni rad umerenog inteziteta ima trofičnu (podsticajnu) ulogu na rast i razvoj kostiju i procese okoštavanja. Naučnici su dokazali da kosti onih ekstremiteta koji su izloženi pojačanoj aktivnosti imaju i veću dužinu i debjinu. Veoma je bitno za trenere mlađih selekcija da znaju da pravilan rast kostiju zavisi od uravnoteženog odnosa perioda treninga i perioda oporavka mlađih sportista. Potrebno je da period odmora preovladava nad periodima napora da bi se procesi rasta odvijali normalno.

U toku razvoja kostura možemo registrovati niz promena koje se nadovezuju jedna na drugu i čine složen proces definitivnog osposobljavanja koštanog sistema za svoje funkcije.

Tako, kod rodjenja, kičmeni stub novorođenčeta je potpuno ravan. Onog momenta kada novorođenče krene da podiže glavu, dolazi do pojave fizioloških krivina na vratnom i grudnom delu kao odgovor na potrebu da se ovaj pokret glave amortizuje i statički podrži. Tako se javljaju cervikalna (vratna) lordoza i torakalna, kompenzatorna kifoza. Od momenta kada dete prvi put sedne, proces funkcionalne i anatomske podrške ovom pokretu je pojавa lumbalne lordoze koja će se održavati i kod malog deteta zbog slabe slabinske i trbušne muskulature. Sa pojavom prvih koraka i perioda stajanja, kičmeni stub je pripremljen za ovaj statički momenat i ispravljanjem

dotadašnjeg kosog položaja karlice stvaraju se svi uslovi da dete zauzme uspravan položaj. Kod uspravnog položaja koji nazivamo ležernim stojećim stavom, statički momenat je rešen tako da LINIJA TEŽIŠTA TELA spaja sredinu uha, sredinu ramenog zgloba i zglob kuka, prolazi spojem prednje i srednje trećine zgloba kolena i završava se na 4-5cm ispred osovine skočnog zgloba. Gore pomenute fiziološke krivine, cervicalna i lumbalna lordoza i torakalna kifoza, imaju svoje odredjene granice do kojih smeju ići. Od zamišljene vertikalne linije koja dodiruje najispupčenije delove tela sa zadnje strane, vratna lordoza ne sme prelaziti 3.5cm, lumbalna lordoza 4.5cm. Ukoliko su ove mere izraženije to znači da je došlo do deformacije kičmenog stuba. Veoma bitno za profesore fizičkog vaspitanja je, da svakodnevno, na svojim časovima, vrše inspekciju držanja tela svojih učenika. Da bi to mogli kvalitetno da urade moraju da znaju šta podrazumeva pojam "dobro držanje" tela. Pod ovim podrazumevamo uspravan položaj glave bez nagiba, oba ramena na istoj ravni, gornji deo prednje strane grudnog koša lako prominira u odnosu na stomak, lopatice podjednako udaljene od kičmenog stuba i pripnjene uz grudni koš, kičmeni stub sa odgovarajućim fiziološkim krivinama, ruke opuštene niz telo grade sa bočnim delom grudnog koša i karlice ravnostran trougao. Pri tome, tri ose – glave, trupa i nogu, slivaju se u jednu pravu liniju - osu tela.

Postoje tri najvulnerabilnija (najosetljivija) perioda rasta deteta kada se najčešće pojavljuju deformiteti. To su:

- prva godina života (doba uspravljanja deteta o kome smo napred govorili),
- sedma godina života kada dete polazi u školu i naglo menja način života povećavajući broj sati sedenja na uštrb igre,
- doba puberteta kada se naglo ubrzavaju procesi rastenja i mogućnost krivljenja znatno povećava.

## **ZUBI**

Prvi zubi, mlečnjaci, pojavljuju se kod odojčeta obično izmedju 5-8 meseca starosti. Prvo se pojavljuju donji srednji sekutići da bi do kraja prve godine izbili svi sekutići (ima ih 8). Kasnije izbijaju prvi premolari (mlečni kutnjaci), zatim očnjaci i drugi premolari, tako da do treće godine izraste svih 20 mlečnih zuba. Početak druge denticije se po pravilu poklapa sa polaskom deteta u školu (6-7 god). Prvo se pojavljuju prvi kutnjaci (molari) nakon čega započinje proces zamene mlečnih zuba sa stalnim i to obično onim redosledom kojim su i nicali.

## **ZGLOBOVI**

Zglobovi predstavljaju mesta gde se kosti međusobno spajaju. U odnosu na pokretljivost zglobovi se dele na nepokretne i pokretne.

*Nepokretni zglobovi* najčešći su vid zglobljavanja pljosnatih kostiju, kada se dve kosti spajaju preko tankog sloja vezivnog tkiva, poput šava.

*Pokretni zglobovi* imaju svoje glavne i sporedne delove.

Glavni delovi pokretnog zgloba zglobna površina, zglobna šupljina i zglobna čahura, nalaze se u svakom zglobu.

*Zglobna površina* (najmanje dve) dopunjaju se svojim oblicima. Najčešće je jedna u vidu glavice, a druga je zdelasto izdubljena (na primer, zglobovi ramena i kuka).

*Zglobna šupljina* je uzani prostor između dve zglobne površine ispunjene sluzavom tečnošću, koja omogućuje lakše pokretanje zgloba.

*Zglobna čahura* zatvara prostor zgloba između dva zglobna okrajka. Sastavljena iz dva sloja spoljašnjeg čvršćeg i jačeg i unutrašnjeg tankog i glatkog, koji u sebi ima krvne sudove i živce. Unutrašnja opna proizvodi sluznu tečnost.

Sporedni delovi pokretnog zglobova jesu zglobna veza ligamenti i zglobne pločice. Ligamenti su čvrste trake koje ojačavaju zglobnu čahuru sa spoljašnje strane, a mogu se nalaziti i u samom zgobu (na primer ukrštena veza u zgobu kolena).

*Zglobne pločice* su vezivno-hrskavičave tvorevine, koje u vidu zglobnog koluta (diskusa) i meniskusa omogućuju bolje naleganje zglobnih površina. Istovremeno ove tvorevine štite površine od prekomernog opterećenja.

*Zglobni kolutovi* diskusi sastavni su deo međupršljenskih zglobova. Meniskusi (ima ih dva) nalaze se u zgobu kolena.

Prema lokalizaciji zglobovi se dele na zglove trupa, zglove glave i zglove gornjih i donjih ekstremiteta.

Zglobovi u prostoru i omogućavaju ali i sputavaju (usmeravaju) pokret. Da bi smo izmerili veličinu tog omogućavanja ili sputavanja pokreta, potrebno je pa poznajemo ravni i linije i smešteno telo u njih kao i pravci delovanja sila prilikom pokreta.

Prostor u kome se ljudsko telo nalazi je trodimenzionalan. Ograničen je stoga sa tri ravni, **horizontalnom, sagitalnom i frontalnom**. Ravni između sebe zaklapaju ugao od 90 stepeni i za osnovnu -horizontalnu ravan se podrazumeva da sa zemljinom površinom zaklapa ugao od 180 stepeni (dakle paralelna je sa njom).

Mesta gde se ravni u prostoru presecaju nazvali smo ose. Tako postoje tri ose *vertikalna, sagitalna i transverzalna* osa.

Pokreti zglobova u određenim ravnima imaju svoje nazive kao i pokreti u odnosu na osu samog tela ili ekstremiteta koji se kreće. Osnovni pokreti u jednom zgobu mogu biti:

- pokret otvaranja zgloba odmicanjem krakova = opružanje (ekstenzija)
- pokret zatvaranja zgloba primicanjem krakova = pregibanje (fleksija)
- pokret uvrtanja jednog kraka prema osi ekstremiteta = rotacija
- spoljašnja rotacija (kod šake je to supinacija)
- unutrašnja rotacija (kod šake je to pronacija)

Naravno, postoje kombinacije nekih od osnovnih pokreta (fleksija sa rotacijom i sl.). U odnosu na telo, poluge koje su predstavljene ekstremitetima imaju svoje tipične pokrete od kojih bi izdvojili dva:

- odvođenje ekstremiteta (abdukcija)
- privođenje ekstremiteta (addukcija)

Zglove smo prema lokalizaciji podelili na:

- zglove glave,
- zglove trupa,
- zglove gornjih i
- zglove donjih ekstremiteta.

Za potrebe ove publikacije prikazaćemo funkcionalnu anatomiju samo četri zgoba koji prema lokalizaciji pripadaju ekstremitetima. To su zgob ramena, zgob lakta, zgob kolena i zgob stopala. Za ostale zglove upućujemo na dopunsku literaturu.

### **ZGLOB RAMENA (*articulatio humeri*)**

Zgob ramena je najslobodniji zgob u ljudskom telu. Zgob ramena sačinjavaju glavica humerusa(*caput humeri*) i plitka čašićna jama lopatice -*cavitas glenoidalis*. Kako je sama zglobna čašica orijentisana prema napred, naviše i upolje, to se svi pokreti ruke odvijaju u vidnom polju što je izuzetno važno za funkcije ovog ekstremiteta. Ovako nedovoljno anatomska fiksiran zglobni

prostor stabilizuje se nizom ligamenata i mišića iz okolnog regiona. Od ligamenata stabilizatora izdvajamo tri:

1. Ligamentum coracohumerale
2. Ligamenta glenohumerale (ima ih tri)
3. ligamenta transverzum humeri

Sam rameni zglob poseduje i krov zgloba predstavljen klinastim nastavkom lopatice (procesus coracoideus) i akromionom.

Mišići stabilizatori ramenog zgloba su :

1. musculus supraspinatus (gornju stranu)
2. musculus infraspinatus i m.teres minor (zadnju stranu)
3. musculus subscapularis prednju stranu
4. musculus deltoideus (sve tri strane)

Svi gore pomenuti mišići predstavljaju ROTATORNU MANŽETNU ramena i omogućuju pokrete abdukcije i spoljašnje rotacije ruke.

Osnovni pokreti u zglobu ramena su:

- abdukcija- oko 96 st.
- addukcija-
- fleksija- oko 120st.
- ekstenzija- oko 35 st.
- unutrašnja i
- spoljašnja rotacija
- cirkumdukcija (klizanjem lopatice omogućava se kružno kretanje ruke)

Ovako bogat splet pokreta ne poseduje više nijedan zglob.

#### **ZGLOB LAKTA (articulatio cubiti)**

Zglob lakta predstavljaju tri zgloba koje obrazuju međusobnim zglobljavanjem tri kosti ruke; nadlaktica (humerus), žbica (radius) i laktica (ulna).

Ovaj zglob liči na **šarku** (mesto za zaključavanje sila). Stabilizatori lakta su, pored zglobne čaure i ligamenti; lig.colaterale ulnare i lig.colaterale radiale.

Zglob lakta kod dece nije tako stabilan kao kod odraslih što je česti uzrok povređivanja. Pokreti u zglobu lakta su:

- α. pregibanje (fleksija) (obezbeđuju je m.brahialis i m.biceps brachii i m.brachioradialis.
- β. opruzanje (ekstenzija)( m.triceps brachii i anconeus)

Sam zglob lakta se nalazi u blagoj anatomskoj fleksiji zbog ugla koji zaklapaju podlaktica i nadlaktica.Ovaj ugao (oko 170 stepeni) sa naziva noseći ugao.

#### **ZGLOB KOLENA (articulatio genus)**

Zglob kolena je jedan od najzaposlenijih zglobova ljudskog tela u toku kretanja. Ako je kretanje povećanog i obima i intenziteta sa složenim oblicima kao što su skokovi i udarci, zaletanja i kočenja kao što to srećemo u sportu, onda zglob kolena predstavlja najugroženije mesto na telu. Sile koje trpe određeni stabilizatori i ligamentarni aparat kolena prelaze po veličini sve sile koje se

javljaju u ostalim zglobovima. Ovo je rezultat i veličine i snage kontrakcija mišića nadkolenice (quadriceps femoris) i momenta sila koje se razlažu upravo u zglobu kolena.

Zglob kolena je složen zglob koji povezuje:

- donji okrajak butne kosti (femur) i to sa dva svoja konveksna nastavka (epikondilus lateralis i epicondilus medialis),
- gornji okrajak golenjače (tibia) sa dve svoje konkavne površine
- i čašicu (patella).

Nesklad između nastavaka butne kosti i zglobnih površina tibie ublažavaju fibrozno-hrskavičavi umeci -meniscusi. Ima ih dva - koliko i zglobnih površina i prema položaju u odnosu na osu kolena delimo ih na spoljašnji (meniscus lateralis) i unutrašnji (meniscus medialis). Spoljašnji je u obliku slova O a unutrašnji u obliku slova C. Meniskusi obezbeđuju stabilnost zgloba i funkcionalnost pri proklizavanju. Ponašaju se kao amortizujući diskovi. Veoma često se u sportu povređuju.

Aktivni stabilizatori kolena su ligamenti koji suodeljeni na unutrašnje i spoljašnje .U unutrašnje stabilizatore ubrajamo *lig.transversum genus* koji povezuje prednje delove meniskusa i *lig. crutiata genus*- ukrštene veze kolena kojih ima dva para -prednje i zadnje ukrštene veze. Njihova uloga je da sprečavaju pokrete potkolenice u odnosu na osu kolenog zloba u pravcu napred-nazad.

U spoljašnje stabilizatore ubrajamo *lig.collaterale fibulare* (spoljašnja) i *lig.collaterale tibiale* (unutrašnja) koji sprečavaju bocne pokrete kolenog zgloba.

U zglobu kolena se odvijaju sledeći pokreti;

- Fleksija (oko 140-150 stepeni)
- ekstenzija
- spoljašnja i ( oko 20 stepeni)
- unutrašnja rotacija( oko 5 stepeni)

### **ZGLOBOVI STOPALA (articulationes pedis)**

Osnovna uloga stopala je stvaranje oslonca čovečijeg tela pri stajanju i kretanju. Anatomijski, dve osnovne grupe zglobova prave stopalo:

1. zglob kostiju potkolenice sa stopalom (*articulatio talocruralis*)- gornji skočni zglob
2. međusobni zglobovi kosti stopala kojih ima 10. Izdvajićemo samo dva - donji skočni zglob(*art.talocalcaneonavicularis*) i art.subtalaris koje razdvaja kanal nožja (sinus tarsi).

### **ARTICULATIO TALOCRURALIS**

U sportskoj traumi daleko najčešće povređivan zglob (ako izuzmem povrede prstiju ruke). Predstavlja spoj donjih okrajaka tibie i fibule sa skočnom kosti stopala (*talus*). Odmah ispod njega se nalazi prostor donjeg skočnog zgloba sa svojim ligamentarnim aparatom. Aktivni stabilizatori skočnog zgloba su;

- sa unutrašnje strane *lig.deltoideum*
- sa spoljašnje strane *lig. talofibulare*( anterius i posterius)
- sa zadnje strane *lig.calcaneofibulare*

Najčešće se povređuje *lig. talofibulare* koji je veoma snažan. Ovo je i uzrok česte zajedničke povrede koja nastaje zbog gracilnosti fibule -avulzioni prelomi (u vidu otkidanja donjeg okrajka fibule).

U gornjem skočnom zglobu se odvijaju sledeći pokreti:

- dorzalna i plantarna fleksija
- minimalna abdukcija (odvođenje) i addukcija (privodenje) (u fazi plantarne fleksije).

## MIŠIĆI

Mišić je organ sposoban da se grči i skraćuje pri čemu se vrši pokret pojedinih delova tela.

U ljudskom telu razlikujemo tri osnovna tipa mišića:

- poprečnoprugasti (ili skeletni)
- glatki
- srčani mišić

Osnovna jedinica svih mišića je mišićna ćelija – miofibrila. Udruživanjem više miofibrila nastaje *mišićno vlakno*. Mišićno vlakno je dugačko kod poprečnoprugastih mišića od 2-15 cm a debelo do 100 mikrona. Spoljašnost mišićnog vlakna predstavljena je misićnom opnom ili ovojnicom. Više mišićnih vlakana obrazuju *mišićni snop*, a više mišićnih snopova obrazuju jedan ceo mišić. Inervaciju poprečnoprugaste muskulature, znači kontrolu kontrakcija, njihovu snagu i učestalost reguliše CNS i pod punom kontrolom su ljudske volje.

Za razliku od poprečnoprugastih mišića, glatki mišići se sastoje od ćelija vretenastog oblika veličine do 200 mikrona i nalaze se u sastavu šupljina organa i krvnih sudova. Njihovu funkciju reguliše autonomni nervni sistem-vegetativni nervni sistem i ne nalaze se pod kontrolom voljnih radnji.

Srčani mišić je izdvojen iz grupe zbog karakterističnog tipa građe i specifične organizacije. Po građi, srčani mišić je sastavljen od kratkih poprečnoprugastih mišićnih vlakana koji se na krajevima spajaju ne u mišićni snop već u *mišićnu mrežu*. Takođe, srčani mišić poseduje sopstven automatizovan sistem za stvaranje nervnih impulsa i sopstven sprovodni aparat koga, samo u određenim momentima, podržava vegetativni autonomni nervni sistem.

Svaki skeletni mišić posluži mesnatim deo -telo mišića i vezivnim deo -titive pomoću kojih se pripaja na kostima. Ukupnu anatomsku sliku jednog mišića upotpunjava još i velika količina krvnih sudova, nerava i vezivnog tkiva.

Prema lokalizaciji, mišiće delimo na:

- › mišiće glave (mišići mimike i mišići žvakanja)
- › mišiće trupa (mišiće leđa, trbuha i grudi)
- › mišiće ekstremiteta
  - gornjih (ramene, nadlaktne, podlaktne i mišići šake)
  - donjih (bedrene, butne, potkolenične i mišiće stopala)

Od svih gore nabrojanih mišićnih grupa izdvojićemo samo najznačajnije za glavne mišićne poluge u održavanju uspravnog stava tela i njegovog kretanja.

**Uspravan stav tela** čoveka omogućavaju, zajedničkim delovanjem, mišići opružači (*extensori*)

- glave (m trapezius),
- kičmenog stuba (m erector trunci),
- karlice (m. gluteus maximus),
- zadnje lože buta (m. biceps femoris) i
- potkolenice (m triceps surae).

**Pokret hodanja i trčanja** omogućuju naizmeničnim smenjivanjem u kontrakcijama mišići zadnje polovine tela (vidi uspravan stav tela) i mišići prednje polovine tela (*fleksori*). Tako u naizmeničnom (repetitivnom) pokretanju tela kroz prostor jedna mišićna grupa predstavlja generatore pokreta i nazivamo ih agonist i (sinergisti) a druga mišićna skupina predstavlja kočione mehanizme pokreta i nazivamo ih anagonisti. U kretanju tela učestvuju manjim delom pregibaci fleksori glave (m. sternocleidomastoideus), a većim delom:

- pregibači trupa - (pravi trbušni mišići - mm. recti abdominis),
- pregibaci (fleksori) u zglobovu kuka (m. quadriceps femoris) koji je u isto vreme i opruzac (ekstenzor) kolena preko ligamentuma patellae) i fleksori u zglobovu kolena kao i
- fleksori u zglobovu kolena (m. biceps femoris)
- m. triceps surae - troglavi mišić lista kao ekstenzor u zglobovu stopala preko Ahilove tetive.
- prednji gojenjačni mišić (m. tibialis anterior) kao glavni fleksor stopala
- mišići svoda stopala

Pri tome treba imati u vidu da je odnos agonista i antagonista usklađen na nivou bez vidljivih škodljivih posledica po položaj tela u prostoru. Humana lokomocija je skladan biomehanički proces nastao dugotrajanom evolucijom.

Pri trčanju, pokretima nogu se, u kontraritmu, pridružuju zamasi ruke (leva ruka desna nogu) čime se kontroliše pravac kretanja i održava ravnotežu u toku kretanja. U najvećoj brzini kretanja ljudskog tela nisu moguće nagle promene pravca bez kočenja a da se pri tome ne rizikuje pad. Da bi se pravac kretanja menjao po želji, brzina kretanja može najviše da bude do 75% od maksimalne.

**Pokreti hvatanja** - ili pokreti ruke, obezbeđeni su skladnim delovanjem mišića ruke u prvom redu mišića ramena od kojih izdvajamo deltoidni mišić (m. deltoideus) i mišiće lopatice zadužene za podizanje i rotaciju cele ruke u zglobovu ramena. Pokret ruke dalje zavisi od fleksora i ekstenzora podlaktice koji su smešteni u nadlaktici. To su sa prednje strane dvoglavi mišić nadlaktice (m. biceps brachii) zadužen za fleksiju podlaktice a sa zadnje strane troglavi mišić nadlaktice (m. triceps brachii) zadužen za ekstenziju iste. Pokrete šake i prstiju omogućuju

pregibači i opružači šake koji su dobili nazive prema pokretu koji obezbeđuju ( napr. extenzor pollicis longum- dugi opružač palca) ili prema samom prstu koji drže pod kontrolom numeričkom oznakom broja prsta.

### **MEHANIKA MIŠIĆNOG RADA**

Uloga sistema organa za kretanje je održavanje stava čovečijeg tela i pokretanja celog tela ili pojedinih njegovih delova. Pasivna komponenta ovoga sistema su kosti i zglobovi, dok mišići svojom sposobnošću da se kontrahuju predstavljaju aktivnu komponentu.

Na pasivni deo pribora za kretanje, pored mišićne sile, deluje i sila zemljine teže.

Prilikom izvođenja pokreta, na pokretni zglob deluje više mišića sa različitim funkcijama. Oni mišići koji vrše u jednom zglobu pokrete istog smera, nazivaju se **sinergistima**. Nasuprot njima, mišići koji u istom zglobu vrše pokrete suprotnog smera nazivaju se **antagonistima**. Na primer, svi mišići koji učestvuju u fleksiji-pregibanju potkoljenice u zglobu kolena su sinergistički mišići, a mišići koji vrše opružanje-ekstenziju potkoljenice su njihovi antagonisti.

Kontrolu kretanja i mišićne aktivnosti uopšte, vrši živčani sistem.

Mišići pri izvođenju pokreta silom deluju na mesta svojih pripojila za kosti, koji čine različite oblike poluga.

Veličina sile koju mišić može da razvije proporcionalna je **broju aktiviranih motoričkih jedinica**. Jedan mišić može da ima i više od hiljadu motoričkih jedinica, a koliko će ih biti aktivirano procenjuje živčani sistem. Za podizanje velikog tereta aktivira se veći broj motoričkih jedinica da bi se ostvarila potrebna sila, nego što je to slučaj pri podizanju manjeg tereta. Anatomijski pokazatelj snage jednoga mišića je veličina njegovog poprečnog preseka.

Na veličinu mišićne sile imaju uticaja i sledeći mehanički činioci:

- Ugao povlačenja mišića,
- Dužina mišića u svakom datom trenutku,
- Brzina skraćivanja mišića.

Ugao sile povlačenja mišića je ugao između uzdužne osovine mišića i uzdužne osovine kosti čije kretanje izaziva mišić.

Najčešće je optimalni ugao povlačenja mišića u trenutku kada na kost deluje pod pravim uglom. Pri većem ili manjem uglu vrednost neiskorišćenih sila raste. Na primer, najteži momenat u zgibu je na početku i na kraju, a najlakši u sredini, kada mišić dejstvuje na kost pod pravim uglom.

Lako istezanje mišića, do 20 % od normalne dužine, ima pozitivan uticaj na povećanje unutrašnjih sila u skeletnom mišiću. Ukoliko je dužina mišića pre stimulacije manja od normalne, sledeća kontrakcija biće manje snage. Isto tako, ako je mišić pre kontrakcije previše istegnut, sledi kontrakcija manje snage.

Brzina mišićne kontrakcije takođe utiče na veličinu mišićne sile. Optimalna brzina za mišićnu efikasnost kreće se u rasponu od 20 do 30 procenata maksimalne brzine kojom se dati mišić može skraćivati.

Pored mišićne kontrakcije koja je praćena skraćivanjem mišića (izotonična kontrakcija), postoji i takozvana izometrična kontrakcija mišića, kada se mišić ne skraćuje. Ovom kontrakcijom mišić, po zakonima fizike, ne vrši rad, pošto je rad proizvod sile i prednjeg rastojanja. Međutim, napet mišić u izometričkoj kontrakciji sposoban je da se odupire spoljnoj sili.

## **ENERGETIKA MIŠIĆNOG RADA**

Neposredni izvor energije za sve specifične ćelijske aktivnosti je materija bogata energijom adenozin trifosfat (ATP). Njenim razlaganjem oslobađa se energija. U ovom procesu troši se ova materija pa je ćelije, da bi nastavile sa radom, moraju stalno obnavljati iz hrane unete u organizam. Pretvaranje energije hrane u energiju ATP spoja nastaje u nizu složenih biohemičkih procesa, koji ubrzavaju više enzima, jedinjenja koja pomažu specifične biohemičke procese a pri tome se same ne menjaju. Pre ulaska u krv osnovni sastojci hrane: ugljeni hidrati, masti i belančevine, razgrađuju se na jednostavnije spojeve u sistemu organa za varenje, pošto se u prirodnom obliku ne mogu resorbovati (upijati) iz creva. U tako razgrađenom jednostavnom obliku ove materije krvotokom se transportuju do ćelija, u kojima se uključuju u dalje procese razgradnje i oksidacije.

Najjednostavniji i najekonomičniji način stvaranja energije u mitohondrijama ćelija je oksidativni proces, proces laganog sagorevanja osnovnih elemenata hrane u prisustvu kiseonika. Kao krajnji produkt oksidacije nastaje ugljen dioksid, voda i energija u vidu adenozin trifosfata. Iz jednog molekula glukoze oksidacijom nastaje 38 ATP-a. Na ovaj način energija nastaje pri mišićnom radu laganog intenziteta. Zbog dovoljnog prisustva kiseonika za stvaranje energije, rad koji se pri tome izvrši često se naziva aerobnim ili kiseoničkim radom.

Pri težim mišićnim aktivnostima energija se delom stvara u uslovima nedovoljnog prisustva kiseonika, jer organizam nije u mogućnosti da ga obezbedi ćelijama u dovoljnoj količini, da bi se odvijao proces oksidativnog stvaranja energije.

Pri veoma teškim sportskim aktivnostima, približno maksimalnog intenziteta (sprinterska disciplina u atletici, dizanje tegova), energija nastaje na račun deponovane potencijalne energije (ATP, kreatin fosfat). Ovakav rad traje veoma kratko, do 20 sekundi kod najbolje treniranih sportista.

U mišićnim aktivnostima nešto manjeg intenziteta (submaksimalni napor) adenozin trifosfat obnavlja sa razlaganjem glikogena, pri čemu se u organizmu stvara mlečna kiselina koja u većim koncentracijama onemogućava normalne funkcije organizma. Nakon prestanka aktivnosti forsiranim disanjem (nadoknađivanje kiseoničkog duga) obezbeđuje se potrelni kiseonik za oksidaciju mlečne kiseline. Rad pri ovakvom metaboličkom stvaranju energije svoj maksimum dostiže u toku 2-3 minuta. Zbog nedovoljnog prisustva kiseonika (energija se uvek manje ili više stvara i oksidacijom) za stvaranje energije rad maksimalnog i submaksimalnog intenziteta nazivaju se beskiseoničkim ili anaerobnim.

Od ukupno stvorene energije u organizmu za spoljni rad iskoristi se najviše 30 %. Ostala energija troši se za stvaranje toplove tela.

Ćelijske strukture odgovorne za kontraktilni mehanizam mišićne ćelije su niti belančevine-miozin i aktin. Ove niti pružaju se paralelno duž miofibrila. Miozinske niti su deblje i nalaze se u tamnom pojusu poprečnih pruga skeletnih mišića. Aktinske niti su tanje, a smeštene su i u tamnom i u svetлом pojusu. Pri skraćivanju mišića nastaje kliženje aktinskih niti između miozitskih niti, pri čemu se same niti ne skraćuju, već se krajevi aktinskih niti približavaju jedni drugima i sužavaju svetli pojas mišićnog vlakna.

Sam proces aktiviranja mehanizma za stvaranje energije odigrava se sledećim redom:

- Motoričkim nervom prenosi se impuls za pokretanje mišića do mišićne ćelije i stvara se akcioni mišićni potencijal, koji se zatim širi po mišićima.
- Inaktivacija "zaštitnih materija", koja sprečavaju međuakciju aktin-miozin i održavaju mišićnu ćeliju u neaktivnom stanju.
- Deblokirani aktomiozinski kompleks stimuliše ATP na razgradnju, čime se stvara energija za mišićnu kontrakciju, koja zatim usledi.
- Resinteza ATP-a (iz kreatinfosfata, glukoze, masti).

U odnosu na vreme trajanja i brzinu izvođenja mišićne kontrakcije, mišićna vlakna dele se na :

- Crvena vlakna
- Bela vlakna

Crvena vlakna (crveni mišići) bolje su prokrvljeni i sposobni su za dugotrajan rad i sporije kontrakcije. Kontrakcije belih mišićnih vlakana su brže i kraće.

Intenzivnim radom u procesutreninga(princip nadopterećenja) nastaju morfološke i funkcionalne promene u mišićima. Mišić postaje voluminozniji na račun povećanja procenta vode, ćelijskih belančevina-aktinskih i miozinskih niti i mitohondrija (ćelijske organele koje proizvode energiju u mišićnim vlaknima). Istovremeno se umnožavaju miofibrile i kapilarna mreža mišića. Sadržaj mioglobina, glikogena i fosfornih jedinjenja bogatih energijom znatno raste. Takođe se povećava količina bioloških katalizatora, oksidativnih enzima i enzima anaerobnog metabolizma.

Takav mišić postaje jači i efikasniji u radu.

#### **PODELA MIŠIĆA PREMA LOKALIZACIJI**

Mišiće prema lokalizaciji delimo na mišiće glave, mišiće trupa, mišiće gornjih ekstremiteta i mišića donjih ekstremiteta.

*Mišiće glave* sačinjavaju: mišići mimike i mišići žvakanja

*Mišiće trupa*, sačinjavaju: mišići leđa, mišići trbuha i mišići grudi.

Mišići leđa podeljeni su na površinske i duboke mišiće. Površinski mišići su: trapezasti mišići, najveći leđni mišić, mišić podizač lopatice i rombasti mišić.

Trapezasti mišić zabacuje rame prema kičmenom stubu. Najveći leđni mišić privodi i uvrće nadlakticu. Podizač lopatice i rombasti mišić povlače nagore lopaticu.

Duboki mišići leđa pružaju se duž kičmenog stuba, od baze lobanjedo karličnog predela. Ovi snažni mišići svojim dejstvom opružaju leđa i glavu, svijaju bočno glavu i leđa i svojim tonusom održavaju normalan stav čovečijeg tela.

Trbušni mišići štite spreda i bočno trbušnu duplju. Ovi mišići vrše pokrete savijanja, bočnog savijanja i uvrтанja trupa.

*Mišići grudnog koša*, u odnosu na položaj, dele se na površinske i duboke.

U površinske mišiće grudnog koša spadaju veliki grudni mišić, mali grudni mišić i prednji zupčasti mišić.

Veliki grudni mišić privodi ruku grudnom košu, a prednji zupčasti mišić pokreće lopaticu.

Duboki grudni mišići su: međurebarni mišići, zatim poprečni grudni mišić i diafragma (prečaga). Svi ovi mišići učestvuju u disajnim pokretima.

*Mišići gornjih ekstremiteta* dele se na ramene, nadlaktne, podlaktne i mišiće šake.

U mišiće ramena spadaju deltoidni mišić i pet mišića koji pokrivaju lopaticu. Ovi mišići izvode više složenih pokreta u ramenu: podizanje ruke napred, podizanje ruke nazad, odvođenje ruke, uvrtanje i izvrstanje ruke.

Mišići nadlakta podeljeni su u: prednje-fleksorne i zadnje-ekstenzorne mišiće. U prvoj grupi su tri mišića: dvoglavi mišić, kljunasto-ramenični mišić i nadlaktni mišić.

Dvoglavi mišić je pregibač i supinator (okreće dlan na gore) podlakta.

Kljunasto-rameni mišić podiže napred i unutra. Nadlaktni mišić pregiba podlakat i istovremeno povlači nadlakat nazad.

U zadnjoj grupi nalazi se troglavi mišić nadlakta, koji vrši opružanje podlakta.

Mišići prednje grupe nadlakta znatno su jači od mišića zadnje grupe.

Mišići podlakta podeljeni su u tri grupe: prednje, spoljne i zadnje. Ovi mišići vrše pokrete podlakta, šake i prstiju.

Prema funkciji koju vrši dobili su nazive (npr. opruža prstiju šake, opružač malog prsta itd.). Osnovni pokreti dovođenja podlakta u položaj supinacije (dlan okrenut na gore) i pronacije (dlan okrenut na dole). Pokreti šake su pregibanje, opružanje, odvođenje i privođenje šake.

Mišići šake su sitni mišići, koji zajedno sa mišićima podlakta učestvuju u pokretanju prstiju.

*Mišići donjih ekstremiteta* dele se na bedrene, butne, potkolenične i stopalne mišiće.

Bedreni mišići podeljeni su na unutrašnje i spoljne.

Sa unutrašnje strane je bedreno-slabinski mišić koji vrši pregibanje u kuku. U unutrašnjoj grupi ima više mišića. Najveći je veliki sedalni mišić, glavni opružač i spoljni rotator u kuku.

Mišići buta dele se u tri grupe: unutrašnju, prednju i zadnju.

Unutrašnju grupu mišića buta čine veći broj mišića čija je osnovna funkcija privođenja buta.

Prednju grupu mišića buta sačinjavaju dva mišića: terzijski mišić i četvoroglavi butni mišić.

Terzijski mišić pregiba but u zglobu kuka, a u zglobu kolena pregiba potkolenicu.

Četvoroglavi butni mišić sastoji se iz četiri mišića, koji se na donjem kraju spajaju u jednu tetivu na bazičašice-patele. Ovaj mišić je veoma snažan opružač potkolenice.

Zadnjoj grupi mišića buta pripadaju dvoglavi butni mišić, polutetivni i poluopnasti mišić, koji vrši pregibanje zglobu kolena i opružanje u zglobu kuka.

Mišići potkolenice podeljeni su u tri grupe: prednje, spoljne i zadnje.

Ovi mišići učestvuju u pokretanju stopala, a svojim tonusom i elastičnošću održavaju svod stopala u položaju koji daje oslonac telu.

Prednjoj grupi mišića potkolenice pripadaju prednji golenjačni mišić i mišići opružači prstiju noge. Prednji golenjačni mišić podiže stopalo na gore.

Mišići spoljne grupe potkolenice pomjeraju stopalo na dole.

Mišići zadnje grupe potkolenice podeljeni su na površne i duboke. U površnom sloju je troglavi mišić lista, glavni pregibač stopala (pomera stopalo nadole).

Mišići dubokog sloja (ima ih više) savijaju stopalo i prste nadole.

Mišići stopala smešteni su sa gornje i donje strane stopala. Ovi mišići svojom aktivnošću održavaju svod stopala.

## SISTEM ORGANA ZA DISANJE

Sistem organa za disanje sačinjavaju pluća i disajni putevi.

Disajni putevi se dele na gornje i donje. U gornje disajne puteve spadaju: nosna duplja i ždrelo, a u donje: grkljan, dušnik i dva dušnice.

Uloga disajnih puteva je da sprovode vazduh do plućnih mehurića i da prečišćavaju, vlaže i zagrevaju vazduh. Grkljan, osim osnovne funkcije, treperenjem glasnica pri forsiranom strujanju vazduha za vreme eksipirijuma-izdaha, učestvuju u stvaranju glasa.

Pluća su glavni deo pribora za disanje. Sastoje se iz levog i desnog plućnog krila, koje grade sistemi disajnih cevčica i disajnih mehurića, bogata mreža krvnih sudova, vezivna potka i živaca.

Disajni putevi (dušnice) nastavljaju da se granaju u plućnim krilima na sve sitnije disajne puteve. Na završnim disajnim cevčicama smešteni su plućni mehurići, poluloptasta proširenja disajnih puteva.

Oko plućnih mehurića je bogata mreža krvnih sudova. Ovom blizinom vazduha u plućnim mehurićima i krvi u krvnim kapilarima olakšana je razmena gasova u plućima.

## MEHANIKA DISANJA

Plućna ventilacija (spoljašnje disanje) omogućena je razlikom u veličini (gradijentu) pritiska vazduha u plućima i spoljnog vazduha. Snižavanje pritiska vazduha u plućima, u odnosu na atmosferu, ostvaruje se radom disajne muskulature, dijafragme (prečage) i međurebarnih mišića. Aktivnošću međurebarnih mišića širi se grudni koš podizanjem rebara. Istovremenim spuštanjem dijafragme za 1,5 do 10 cm i potiskivanjem trbušnih organa nadole, povećava se zapremina grudne duplje i pluća koja slede kretanja grudnog koša i dijafragme. Ovo povećanje zapremine pluća dovodi do snižavanja pritiska vazduha u njima što omogućava ulazak spoljnog vazduha u pluća.

Pored osnovne disajne muskulature u izvođenju disajnih pokreta učestvuju i drugi mišići grudnog koša, pri svesno produbljenom disanju i otežanom disanju.

U respiratornom ciklusu faza udisanja je aktivna, jer je ostvarena radom disajne muskulature. Faza izdisaja nastaje pasivno, sem u slučajevima svesno forsiranog izdisaja, kada je potpomognuta voljnom disajnom muskulaturom.

Regulaciju disajnih pokreta vrši autonomni nervni sistem, koji nije pod uticajem volje čoveka, ili somatskim nervnim sistemom svesnom kontrolom disanja.

Na veličinu disajne funkcije utiču dve komponente, disajni volumen i frekvencija disanja. Disajni volumen, količina vazduha koja se udahne jednom disajnom akcijom, kreće se od 500 ml. do veličine vitalnog kapaciteta (vitalni kapacitet je maksimalna količina vazduha koja se može istisnuti iz pluća, i to nakon maksimalnog uzdaha). Frekvencija disajnih pokreta u jednoj minuti, u zavisnosti od kiseoničke potrebe, varira od 12 do 60.

Minutni volumen disanja, proizvod disajnog volumena i frekvencija disanja, u miru iznosi oko 8 litara, a prilikom velikih fizičkih naprezanja može da se poveća i do 200 litara vazduha.

Na efikasnost disajne funkcije, pored obima plućne ventilacije, utiče i nefunkcionalni deo pribora za disanje, disajni putevi (mrtav prostor) i otpor u disajnim putevima. Produbljeno disanje

povećava otpor disajnih puteva, ali smanjuje uticaj "mrtvog prostora" na kvalitet disanja. Ispitivanja na sportistima pokazala su da je pri maksimalnim naporima najefikasnija frekvencija disanja oko 35 akspiracija. Dalje povećanje frekvencije disanja skraćuje vreme udisanja vazduha i opterećuje disajnu muskulaturu.

Na frekvenciju i dubinu disanja, pored već opisanog regulatornog uticaja nervnog sistema, izvanredno utiču ugljen dioksid i kiseonik. Povećani procenat ugljen dioksida i sniženi nivo kiseonika u krvi stimulišu disajnu funkciju, i to tako što ugljen dioksid deluje direktno preko disajnog centra, a kiseonik indirektno preko receptora u zidu krvnih sudova osetljivih na promenu koncentracije kiseonika u krvi. Određenog uticaja na disanje imaju mišići za vreme rada, povišena telesna temperatura itd.

Dovođenjem vazduha u plućne mehuriće započinje razmena gasova, difuzija kiseonika iz vazduha u plućnim mehurićima u krvne kapilare i ugljen dioksida iz krvi u plućne mehuriće kroz dve tanke membrane, koje čine zidove plućnih mehurića i kapilara.

Difuzija gasova između dve tačke moguća je ako postoji razlika u pritiscima. Kako je parcijalni pritisak kiseonika u smeši alveolarnog vazduha veći od pritiska kiseonika u venskoj krvi, omogućena je difuzija strujanja kiseonika iz plućnih mehurića u krv, gde se vezuje za hemoglobin. U slučaju ugljen dioksida smer kretanja gasa je suprotan. Pritisak ugljen dioksida u venskoj krvi veći je od pritiska ugljen dioksida u plućnim mehurićima, što uslovljava difuziju ugljen dioksida iz krvi u plućne mehuriće.

Kiseonik se u krvi vezuje za hemoglobin u crvenim krvnim zrncima, pri čemu nastaje novo hemijskojedinjenje oksihemoglobin, koji se zatim putem krvi transportuje do ćelija, odnosno do tkivnih tečnosti koja okružuju ćelije. Ćelijske membrane izvanredno su propustljive za kiseonik (tkivno disanje) tako da je pritisak kiseonika u ćelijama i međućelijskim tečnostima u miru približno jednak. Pri većim mišićnim aktivnostima i većim energetskim potrebama, mišićne ćelije troše više kiseonika pa se parcijalni pritisak kiseonika snižava, a to ubrzava difuziju kiseonika iz međućelijskih tečnosti u ćelije.

Kiseonik u ćelijama omogućuje proces oksidacije sagorevanja osnovnih hranljivih materija, pri čemu se oslobođa energija za život ćelija i njihovu specifičnu aktivnost. Količina iskorišćavanja kiseonika u ćelijama i tkivima zavisi od aktivnosti ćelija. Ako se posmatra organizam kao celina, onda potrošnja kiseonika zavisi, pre svega, od mišićne aktivnosti.

Veća količina kiseonika za intenzivnije metaboličke procese u ćelijama obezbeđuje se boljim spoljašnjim disanjem (veća disajna zapremina i učestalije disanje), bržim transportom kiseonika krvotokom do ćelija i boljim unutrašnjim tkivnim disanjem (većim iskorišćavanjem kiseonika iz krvi aktivnih ćelija).

Većim primitkom kiseonika iz krvi od strane ćelija, znatno se povećava razlika u zasićenosti kiseonikom između arterijske i venske krvi. Krv koja napušta pluća u stanju mirovanja zasićena je kiseonikom do 98 %, a krv koja se iz tkiva vraća u pluća sadrži oko 70 % kiseonika. Pri fizičkom naporu krv koja napušta pluća približava se nultoj zasićenosti, pri čemu je opšta venska zasićenost oko 25 %. Na račun ove povećane arterio-venske razlike ćelije mogu da povećaju potrošnju kiseonika do tri puta.

U uslovima relativnog mirovanja organizam troši od 0,2 do 0,4 litra kiseonika. Količina kiseoničkih potreba za vreme produženih i teških mišićnih naprezanja znatno je veća. Neposredno pre otkaza potrošnja kiseonika može tada da se poveća i do 0,5 litara, a u nekim sportista i više.

Organizovano bavljenje sportom usavršava disajnu funkciju. Povećava se sposobnost disajna muskulature i efikasnost spoljnog disanja, što rezultira većim inspiratornim kapacitetom i boljom ventilacijom alveola. Dobro utrenirani sportisti dišu ekonomičnije, sa manjom frekvencijom disajnih pokreta i većom dubinom disanja u stanju relativnog mirovanja.

### Neke respiratorne pojave vezane za fizičku aktivnost

*Bodac* je bol na bočnim stranama grudnog koša. Nastaje u periodu prilagođavanja organizma novim metaboličkim zahtevima (skup biohemičkih procesa koji stvaraju energiju potrebnu za rad i život ćelija i živih bića uopšte), kao posledica nedovoljno prokrvljenosti disajne muskulature, međurebarnih mišića i dijafragme. Javlja se češće kod početnika i nedovoljno pripremljenih sportista.

*Drugo disanje* je osećaj olakšanja za sportiste u čijoj je sportskoj disciplini osnovna fizička osobina izdržljivost. Nastaje posle perioda kraćih ili dužih smetnji u fazi usaglašavanja funkcija organizma novim metaboličkim potrebama. Smatra se da smetnje prestaju dovodenjem organizma u radno stanje, sa porastom temperature, pre svega mišića, do optimalnih vrednosti.

## **SISTEM ORGANA ZA KRVOTOK**

Srce i krvni sudovi obrazuju sistem organa za krvotok, koji kroz zatvorenu mrežu krvnih sudova stalno pokreću krv tečno tkivo sposobno da prenosi kiseonik i hranljive materije do ćelija, ugljen dioksid i raspadne produkte do organa za izlučivanje.

Srce u ovom sistemu ima ulogu mišićne pumpe koja snagom ritmičkih kontrakcija pokreće krv. Krvni sudovi obrazuju sistem cevi kroz koje protiče krv.

Razlikuju se tri vrste krvnih sudova: arterije, vene i kapilari.

Arterijama se odvodi krv iz srca, a venama dovodi krv u srce. Kapilari su uska mreža krvnih sudova u tkivima organa.

Krvotok čoveka deli se na dve anatomske i funkcionalne celine, mali i veliki krvotok.

**Mali krvotok** započinje u desnoj komori, a završava se u levoj pretkomori. Njima se odvodi krv u pluća, gde se krv oslobađa ugljen dioksida a snabdeva kiseonikom. **Veliki krvotok**

započinje u levoj komori, a završava se u desnoj pretkomori. Ovim krvotokom odvodi se krv obogaćena kiseonikom i hranljivim materijama do organa i tkiva, gde se vrši razmena materija.

## SRCE

Srce je snažan mišićni organ smešten u šupljini sredogruđa. Srce je organ kruškolikog oblika smešten u grudnoj duplji sa leve strane i prema napred. Sastoje se od četiri šupljine razdvojene pregradama i u anatomske, a delimično i funkcionalnom smislu, potpuno odvojene. Dve manje šupljine su pretkomore (*atrium*) (leva i desna) a dve velike šupljine su komore (*ventriculum*) (takođe leva i desna). Pretkomore su od komora razdvojene atrioventrikularnim zaliscima koje zbog tri lista kojim zatvaraju šupljinu nazivamo trikuspidalni zalisci. Iz pretkomora krv ulazi u komore gde snažnom kontrakcijom mišića komore (-*sistola*), kroz arteriju pulmonalis (iz desne komore) i aortu (iz leve komore) odlazi u mali i veliki krvotok. Na ulazima u arteriju pulmonalis i aortu nalaze se srčani zalisci kojih, opet, ima po tri na svakom ušću. Promene na zaliscima stvaraju šumove pri prolasku krvi i označavaju česte bolesti srca-srčane mane.

Srce u funkcionalnom smislu možemo podeliti na levo i desno srce, iako je period punjenja (dijastola) i period pražnjenja (sistola) zajednički. U desnom srcu, nazvanom desna srčana pumpa, krv se prosleđuje u pluća na oksigenaciju da bi se iz pluća prosledila natrag, ovog puta u levu polovinu srca, levu pretkomoru. Ovaj tok krvi (desna pretkomora, desna komora, pluća,) nazivamo **mali krvotok**. Tok krvi iz leve pretkomore, leve komore, preko aorte u celo telo nazivamo **veliki krvotok**.

Normalna težina srčanog mišića je oko 300 grama od čega 2/3 čini muskulatura leve komore. Uvećano srce kod sportista je znatno teže. Unutrašnja i spoljašnja površina srca obložena je opnama, a srčanu kesu u kojoj je smešteno srce obrazuje čvrsta fibrozna opna, često nazivana srčanom maramicom (perikard).

U sastavu srca pored mišićnog vlakna i opnastih omotača, ulaze i krvni sudovi, fibroznii skelet, neuro-mišićni snopovi sprovodni aparat srca i živci srca.

Arterijske krvne sudove srca – koronarni krvni sudovi obrazuju leva i desna srčana arterija, grana početnog dela aorte, koja se zatim u srčanom mišiću grana na sve sitnije arterije i arterijske kapilare.

Vene srca, nastale iz sabirnih kapilara ulivaju se direktno u desnu pretkomoru.

Automatizam srčanog rada je sposobnost srca da se ritmički kontrahuje pod dejstvom impulsa koji nastaju u prevodniku srčanog rada sinusnom čvoru, grupicom nervnih ćelija izolovanih u desnoj pretkomori. Sistemom nervnih vlakana, impuls nastao u SA čvoru se širi do atrioventrikularnog čvora koji je smešten na prelasku desne pretkomore u komoru u međukomorskem zidu. Tu se sada impuls deli na dve velike grane koje idu duž međukomorskog septuma (Hissov snop) i preko velikog broja sitnih nervnih vlakana (Purkinjeve ćelije) dolaze do mišićnih ćelija šireći akcioni potencijal i izazivajući pomeranje aktinskih niti između miozinskih niti. Pošto mišići u srcu nisu poređani uzdužno kao kod skeletnih mišića već su isprepletani u mrežu, to se kontrakcija u mehaničkom smislu ogleda kao kružno skupljanje velikih šupljina. Proizvod ovakve mehaničke sile je istiskivanje krvi iz srca u cirkulaciju.

Električne efekte srca možemo pratiti pomoću aparata koji nazivamo elektrokardiograf (EKG) i naravno, zapisati ih na specijalnom papiru. Danas su moderni EKG aparati potpuno kompjuterizovani i sami izvrše analizu snimka.

Prirodni pejsmекeri srca mogu, pored SA postati i svi ostali nervni elementi srca pomenući u prethodnom tekstu. Za ovaj proces je neophodno da se glavni vodič SA čvor, razboli. Njegova

frekventnost je u rasponu od 40 do 200 impulsa u minutu i ako se njegova snaga smanji ispod 40 otkucaja, njegovu ulogu preuzme AV čvor. Međutim, njegova snaga ne prelazi 40 impulsa u minutu što znači da takva osoba nije u mogućnosti da se adaptira ni na koji rad. U slučaju da i AV čvor prestane da radi, svaka ćelija u srcu, pošto poseduje deo nervnog tkiva može postati pejsmejker. Ali, taj proces je u zoni teškog patološkog stanja jer su kontrakcije srca slabe a broj otkucaja koji može da se generiše ispod 30.

Živci srca, simpatičke i parasimpatičke grane autonomnog nervnog sistema, regulišu rad sprovodnog aparata srca.

## KRVNI SUDOVI

Krv cirkuliše u zatvorenom sistemu krvnih sudova koje po veličini i gradji delimo na:

- a) arterije (odvode krv iz srca)
- b) vene (dovode krv iz srca)
- c) kapilare (krvna mreža oko samih ćelija)

## ARTERIJE

Arterije su krvni sudovi koji odvode krv iz srca. Zid arteriskih krvnih sudova sastoji se od tri sloja: unutrašnjeg, srednjeg i spoljašnjeg. Unutrašnji sloj obrazuje jednoslojni epitel, srednji glatke mišićne ćelije i elastična vlakna, i spoljašnji ukrštena kolagena vlakna u vidu mreže. Ovakvom građom omogućeno je širenje arterijskih krvnih sudova, ali ne i uzdužno istezanje.

Put arterije, od aorte i većih arterijskih grana, do pojedinih organa je obično najkraći put do tih organa, a u ekstremitetima su smešteni u dubini mišića, blizu koštanih poluga. Ulaskom u tkiva organa arterija se dalje grana do najsitnijih arterijskih ograna arteriola, koje se nastavljaju kapilarima.

Od luka aorte polaze leva i desna zajednička karotidna i potključna arterija (a. subclavia) koja prokrvljuju glavu, vrat i gornje ekstremitete.

Zajednička karotidna arterija kasnije se deli na spoljašnju i unutrašnju karotidnu arteriju, od kojih nastaje više arterijskih krvnih sudova glave.

Potključne arterije smeštene su ispod ključne kosti. U pazušnim jamama nastavljaju sa pazušnim arterijama (a. brachialis), a izlaskom iz njih nadlaktnim arterijama. Nadlaktna arterija ulaskom u predeo podlakta daju dve arterije, žibičnu (a. radialis) i lakatnu (a. ulnaris), koje se završavaju arterijskim krvnim sudovima šake.

Iz grudnog dela aorta polaze najčešće parna arterija za ishranu organa u grudnoj duplji.

Od trbušnog dela aorte (aorta abdominalis) polaze arterije za ishranu i omogućavanja specifičnih funkcija prečage, trbušnog zida i organa trbušne duplje, želuca, jetre, bubrega i slezine.

Aortno stablo završava se u visini krsno-bedrenog zglobo dvema zajedničkim bedrenim arterijama (a. femoralis), levom i desnom, od kojih polaze unutrašnje i spoljne bedrene arterije.

Unutrašnje bedrene arterije daju grane za ishranu zida i organa male karlice.

Spoljašnje bedrene arterije nastavljaju sa arterijama noge. Prolaskom kroz potpreponski zjap spoljne bedrene arterije nastavljaju se butnim arterijama, koje se zatim produžavaju zatkolenim arterijama. Od zatkolenih arterija polaze po dve završne grane, prednja i zadnja goljenjačna arterija (a. tibialis).

**VENE**

Venski sistem započinje sabirnim venskim kapilarima u tkivima organa. Ovim sistemom odvodi se krv iz koje su ćelije iskoristile hranljive materije i kiseonik na ponovno obogaćivanje ovim materijama u organe sistema za varenje i pluća.

Zid venskih krvnih sudova, isto kao i zid arterija, sastoji se iz tri sloja. Od unutrašnjeg sloja ushodnih vena odvaja se duplikatura ovoga sloja i formira zaliske, koji sprečavaju vraćanje krvi u niže delove tela pod dejstvom sile zemljine teže.

Venski sistem sačinjavaju vene malog i velikog krvotoka.

Vene malog krvotoka (četiri plućne vene) odvode krv obogaćenu kiseonikom iz pluća u levu pretkomoru.

Vene velikog krvotoka dovode krv iz celog organizma u desnu pretkomoru preko gornje i donje šuplje vene.

Gornja šuplja vena sabira krv iz organa iznad dijafragme prečage, a donja šuplja vena iz organa smeštenih ispod dijafragme.

Obe šuplje vene su veliki venski krvni sudovi, nastali spajanjem manjih venskih krvnih sudova.

Venski krvni sudovi započinju tamo gde se arterijski završavaju. Pravac protoka venske krvi isti je kao i u arterijske krvi ali, suprotnog smera dok arterije dovode krv u organe, vene odvode krv iz organa.

Pritisak krvi u venskim sudovima je znatno manji nego u arterijama. Zato je lokalizacija vena u ekstremitetima delom površna, čime je izbegnut veći kompresivni uticaj mišića na venske krvne sudove za vreme mišićnog rada.

Osnovna funkcija srca i krvnih sudova je da stalnom cirkulacijom krvi, određenog pritiska, obezbedi normalnu prokrvljenost organa i održava konsantnu unutrašnju sredinu za ćelije u tkivima.

Srce je mišićna-pulsirajuća pumpa, čiju funkciju karakteriše sposobnost kontraktilnosti. To je sposobnost srca da proizvodi silu skraćivanja mišićnih vlakana. Ovu silu srce prenosi na krv u vidu krvnog pritiska, istiskujući je u arterije.

U stanju mirovanja srce se kontrahuja 60-80 puta u jednoj minuti, i za to vreme u arterije ubaci 4-6 litara krvi. Ova količina krvi koju srce u jednoj minuti ubaci u arterije naziva se minutnim volumenom srca, dok je udarni volumen srca ona količina krvi koju srce izbací pri jednoj srčanoj kontrakciji. Od broja srčanih kontrakcija frekvencija i udarnog volumena zavisi minutni volumen srca.

Minutni volumen srca je najvažniji momenat u funkciji srčano-sudovnog sistema a ako je zadovoljavajući, obezbeđen je normalan priliv krvi u organe.

Za obezbeđivanje normalnog rada srca, sa odgovarajućim minutnim volumenom, veoma je značajan dovoljan priliv venske krvi u srce. Naglim smanjenjem venskog priliva, prilikom sužavanja vena, istovremeno se smanjuje volumen srca. Smanjen venski priliv krvi u srce može nastati i u uslovima fizičkog vežbanja, kada takmičar posle dugotrajnog naprezanja (dugoprugaš) naglo prekida aktivnost. Tada prestankom kompresivnog i dekompresivnog uticaja mišića u radu na proširene venske sudove, naglo opada venski pritisak i venski priliv krvi u srce.

Mišićni rad, pored već pomenutog uticaja mišića u radu na venski pritisak, refleksno povećava pritisak u venama skraćivanjem kružnih (glatkih) mišićnih vlakana u zidu venskog krvnog suda, kako u aktivnim tako i u pasivnim delovima tela u toku čitavog rada, što takođe povećava venski priliv krvi u srce.

Normalna frekvencija srčanih kontrakcija u miru kreće se između 60 i 80. Sportisti imaju nižu frekvenciju, ponekad i ispod 40.

Broj srčanih akcija u naporu može da raste do maksimalno moguće frekvencije, koja je ista za sportiste i nesportiste. Starenjem maksimalan broj otkucaja srca opada od 210u mlađih ljudi (do 20 godina), do 160 u šestoj deceniji života.

Pored fizičkih npora, ubrzanje rada srca nastaje i posle uzimanja hrane, porasta telesne temperature, uzbudjenja itd.

Kontrola broja srčanih reakcija u jednoj minuti može se ustanoviti brojanjem impulsa na arterijama. Laganim pritiskom prsta na arterije, u blizini koštalnih podloga, dodirom se oseti pulsirajuća (na mahove) širenja krvnog suda pod pritiskom krvi koju pokreće srce kontrakcijom muskulature za vreme sistole.

Sa stanovišta fiziologije rada u sportu važno je znati da porastom frekvencija srca u naporu povećava svoj minutni volumen. Istovremeno između frekvencija srca i veličine radnog opterećenja postoji direktni linearan odnos.

Veličina udarnog volumena srca, pored frekvencije, je drugi faktor koji može dovesti do povećanja minutnog volumena srca. U normalnim uslovima on iznosi oko 70 ml. Prilikom stimulacije srčanog rada udarni volumen znatnije se povećava samo kod sportista. Ovo povećanje ostvaruje se većim punjenjem srca i do 200 ml, u periodu širenja krvi u srce (dijastola srca) i većim pražnjenjem srca za vreme skupljanja srca i istiskivanja krvi (sistola srca).

Mlađi sportisti (juniori) i nesportisti minutni volumen srca za vreme povećanih metaboličkih zahteva povećavaju većim delom na račun ubrzane frekvencije srca, a manjim na račun udarnog volumena.

Udarni volumen znatnije se povećava u naporu tek pri velikim metaboličkim zahtevima, približno 8 puta veći nego u stanju mirovanja.

Na veličinu udarnog volumena utiče i frekvencija srčanog rada. Velikim ubrzanjem srčanih akcija skraćuje se vreme punjenja srca i umanjuje venski prliv krvi u srce. Već pri frekvenciji većoj od 110 otkucaja u jednoj minuti vreme punjenja srca se skraćuje. To, međutim, ne znači da istovremeno pada udarni volumen, jer je srce u stanju boljim pražnjenjem da i dalje povećava udarni volumen. Približavanjem frekvencije srca maksimalnoj frekvenciji prliv krvi u srce je znatno smanjen i udarni i minutni volumen opadaju. Tada ubrzo dolazi do prestanka rada datog intenziteta, ili se intenzitet rada i metaboličkih zahteva znatno smanjuje.

Adaptirano srce sportiste, kroz dugogodišnji period sistematskog vežbanja, u stanju je znatno da poveća minutni volumen srca. U trenucima maksimalnog naprezanja, ubrzanjem frekvencija i porastom udarnog volumena, minutni volumen srca može da naraste i do 35 litara.

## KRVNI PRITISAK

Krvni pritisak je sila kojom krv deluje na jedinicu površine zida krvnih sudova. Veličinu krvnog pritiska izražavamo najčešće u milimetrima živinog stuba živinog manometra. Razlikujemo gornja sistolički pritisak i donji dijastolički pritisak. Prvi odgovara pritisku krvi za vreme sistole srca, odnosno periodu kada srce utiskuje krv u krvne žile, a drugi periodu dijastole, odnosno vremenu punjenja srca. Veličina krvnog pritiska zavisi od minutnog volumena srca i ukupnog perifernog otpora ( $TA = MV \times PO$ ). Ako minutni volumen srca raste, povećava se količina cirkulišuće krvi i krvni pritisak se povećava. Isto tako ako otpor u krvnim žilama raste, pre svega u kapilarnoj krvnoj mreži, krvni pritisak se takođe povećava.

Normalna veličina krvnog pritiska kreće se od 120 do 140 mm Hg za sistolni pritisak, i 80 do 90 mm Hg za dijastolni pritisak u stanju mirovanja. Sportisti često imaju nešto niži krvni pritisak od ovih vrednosti, što se ne smatra nenormalnim.

Krvni pritisak iznad 140/90 mm Hg je povišen za sportiste.

Za vreme fizičkog naprezanja raste sistolički pritisak. Dijastolički krvni pritisak ostaje nepromenjen ili opada. Do porasta sistolnog pritiska dolazi zbog veće količine cirkulišuće krvi i

povećanja minutnog volumena srca, iako periferni otpor, zbog proširenja krvnih kapilara, opada. Visina krvnog pritiska za vreme naprezanja može da se poveća i iznad 220 mm Hg.

Regulacija arterijskog krvnog pritiska vrši se preko autonomnog nervnog sistema.

Adaptacija srčanog mišića na fizička naprezanja

Dugotrajnom fizičkom aktivnošću nastaju promene u srcu u smislu fiziološke hipertrofije srčanog mišića i povećanja dijastolne zapremine srca.

U prvo vreme dolazi do većeg utroška energije, a zatim i pojačane sinteze kontraktilnih proteina. Prečnik miofibrila se povećava, kao i debljina mišića, pre svega leve komore. Dalje sledi umnožavanje mišićnih snopova uzdužnom deobom i bolja prokrvljenost srčanog mišića. Tako uvećano srce može dostići i do 500 grama pa i više, pri čemu je težinski odnos levog i desnog srca povećan na 4:1. Takođe se usavršavaju procesi stvaranja energije u srčanom mišiću, (povećava se količina mitrohondrija), većom potrošnjom kiseonika. Isto tako poboljšavaju se mogućnosti srčanog mišića za rad u anaerobnim uslovima boljom glikolitičkom razgradnjom.

U funkcionalnom smislu povećava se udarni volumen na račun boljeg pražnjenja srca za vreme sistole i većeg dijastalnog punjenja proširenih komora.

## KRV

Krv je potporno tkivo, koje stalno cirkuliše krvnim sudovima do tkiva i ćelija i snabdeva ih hranljivim materijama i kiseonikom.

Krv se sastoji iz tečnog dela krvna plazma i uobičenih elemenata koji plivaju u krvnoj plazmi.

Količina krvi kod muškaraca iznosi oko 5 litara, a kod žena oko 4 litre, od toga na uobičene elemente otpada 42-46 %.

Krvnu plazmu stvaraju diferencirana endotelne i retikularne ćelije koje oblažu krvne i limfne sudove, a takođe se nalazi i u koštanoj srži, limfnim žlezdama i sinusima jetre.

Uobičene elemente stvaraju koštana srž i čvorići limfatičnih organa.

Krvna plazma je žućkasta tečnost u kojoj su rastvorene belančevine, masti, šećer i mineralne soli.

Uobičene elemente sačinjavaju crvena krvna zrnca, bela krvna zrnca i krvne pločice.

Crvena krvna zrnca (eritrociti) su ćelije krvi bez jedara. Oblika su bikonkavno izdubljenih pločica, prečnika 7 mikrona. Njihov broj u jednom kubnom milimetru krvi iznosi 4-5 miliona. Osnovni sadržaj crvenih krvnih zrnaca je hemoglobin, materija sposobna da vezuje i transportuje kiseonik. Vek crvenih krvnih zrnaca je oko 120 dana.

Bela krvna zrnca (leukociti) su uobičeni elementi koji imaju jedra. Veličina im se kreće od 11 do 14 mikrona. U jednom kubnom milimetru krvi ima 6-8 hiljada belih krvnih zrnaca. Postoji više vrsta belih krvnih zrnaca, a zajednička uloga svih ogleda se u odbrambenim mehanizmima čovečijeg organizma.

Krvne pločice (trombociti) okrugle su i ovalne pločice, veličina od 2-4 mikrona. U jednom kubnom milimetru krvi nalazi se 300-600 hiljada krvnih pločica. Osnovna uloga krvnih pločica vezana je za proces zgrušavanja krvi.

Normalna krvna slika je veoma značajna za sportiste, pogotovo za sportiste koji se bave sportovima izdržljivosti, jer je jedan od uslova za normalan transport kiseonika.

Trenažni proces ima pozitivno dejstvo na krvnu sliku. Dugotrajnim intenzivnim vežbanjem stvaraju se uslovi za pojačanu stimulaciju organa koji proizvode crvena krvna zrnca na veću produkciju crvenih krvnih zrnaca. Zato sportisti najčešće imaju bolju krvnu sliku od nesportista.

### LIMFNI SISTEM

Limfa nastaje od tečnosti iz međućelijskih prostora. Ova tečnost omogućuje razmenu hranljivih materija onim ćelijama koje nisu u direktnom kontaktu sa krvnim kapilarima. Nastala limfa odvodi se limfnim sudovima u venski sistem, a zatim u srce. Na putu limfnih sudova nalaze se limfni čvorići, filteri limfe i mesta gdje stvaraju neka bela krvna zrnca. Od krvi limfa se razlikuje odsustvom crvenih krvnih zrnaca.

### IMUNSKI SISTEM

Imunski sistem je zadužen za odbranu organizma od napada mnoštva stranih sićušnih i potencijalno opasnih elemenata koje nas okružuju, kao što su brojne klice.

#### Nespecifični imuni odgovor

- koža i sluznica
- nespecifični inflamatorni odgovor
- temperatura
- proteini
- bela krvna zrnca

#### Specifični imuni odgovor

- Humoralni imunitet
- Ćelijski imunitet

### IMUNI SISTEM- nespecifični odgovor

Ako neki strani agens prodre u organizam, imunski sistem prvo oslobađa nespecifičan odgovor. Čine ga ćelije i tkiva koje brane organizam od patogene materije. Inicijalni odgovor je nespecifičan jer nije usmeren protiv određenog patogena.

Prva linija odbrane su koža i sluzokoža kao fizička i hemijska barijera (koža ima određenu kiselost (pH) koji ne prija svakom patogenu) .

Kad patogen uđe u telo nastupa inflamatorni odgovor imunog sistema koji pokreće oslobođanje histamina i prostaglandina koji ubrzavaju cirkulaciju krvi čime se omogućava belim krvnim zrcima da deluju na mestu infekcije. Zbog toga što patogeni deluju u vrlo uskom temperaturnom opsegu, u odbrani organizma deluje se i povišenom temperaturom koja otežava da patogeni prežive i da se reprodukuju.

Interferon (protein koji aktiviraju ćelije zaražene virusom) utiče na stvaranje enzima koji sprečavaju viruse da stvaraju proteine i RNK.

Najvažnija nespecifična odbrana je od tri vrste belih krvnih zrnaca : neutrofili, makrofagi i ćelije prirodne ubice

### IMUNI SISTEM-specifičan odgovor

Ako patogen preživi nespecifičan odgovor tada se aktivira specifičan imuni odgovor: Aktivira se humoralni imunitet tako što B ćelije (limfociti) proizvode specifične proteine **antitela**

koji se vezuju za specifične antigene, označavaju ih i uništavaju fagocitima. Ćelijski posredovani imunitet čini aktivaciju T ćelija ubica/citotoksične T ćelije koje prenose proteine na patogenu ćeliju uništavajući je čineći da tečnost izlazi iz membrane patogene ćelije dovodeći do njene rupture i uništenja.

Prevencija bolesti kod ljudi:

- Identifikacija uzročnika oboljenja - Koch's Postulates
- vakcinacija - Edward Jenner

Poremećaji

- Alergije (alergeni-polen,buđ, spore utiču na oslobođanje histamina)
- Autoimune bolesti(kada telo ne može da napravi razliku između patogene i sopstvene ćelije i tkiva/multipla skleroza, reumatoidni artritis, sistemski lupus)
- Sindrom stičenog deficita imuniteta(AIDS) izaziva virus koji sprečava funkcionisanje imunog sistema

## SISTEM ORGANA ZA VARENJE

U sistem organa za varenje - digestivni trakt čoveka ubrajamo sledeće organe;

- › *-usnu duplju*
- › *-ždrelo*
- › *-jednjak*
- › *-želudac sa dvanaestopalačnim crevom*
- › *-tanka creva*
- › *-debelo crevo i anus (čmar).*

U samom procesu varenja svojim pojedinim funkcijama aktivno učestvuju i dva samostalna i kompleksna organa, **jetra i pankreas** koji, pored digestivne, obavljaju i niz drugih složenih funkcija u organizmu. Jetra varenje potpomaže lučenjem žuči a pankreas lučenjem pankreasnog soka.

*Usna duplja*, je početni deo sistema za varenje. U njoj se nalaze ili su joj pridodati organi, jezik zubi i pljuvačne žlezde. Zubnim lukovima usna duplja je podeljena na dva dela, na predvorje (ispred zubnih lukova) i na usnu duplju u užem smislu.

*Jezik* je pljosnat mišićni organ, koji svojom pokretljivošću omogućuje žvakanje, gutanje i govor. U sluzokoži jezika su receptori čula ukusa.

*Zubi* su čvrsti organi usađeni u koštana udubljenja gornje i donje vilice. Kod čoveka zubi izbijaju dva puta. Prvo se javljaju 20 nestalnih mlečnih zuba, da bi posle osme godine izrasla 32 stalna zuba. Po obliku i funkciji dele se na sekutiće, očnjake, prekutnjake i kutnjake. Čvrstinu zubima daju nataložene soli kalcijum-fosfata.

Osnovna uloga zuba je usitnjavanje hrane.

*Pljuvačne žlezde*, podjezične, podvilične i doušne izvodnim kanalima u vezi su sa usnom dupljom u koju izlučuju sluzno-seroznu tečnost-pljuvačku. Ova tečnost kvasi i razmekšava unetu hranu i vlaži sluzokožu jezika i usne duplje.

*Ždrelo* je zajednički organ sistema za disanje i varenje. Nalazi se iza usne i nosne duplje, a pruža se od baze lobanje, ispred kičmenog stuba, do jednjaka u dužini oko 15 cm.

*Ždrela* je mišićno-opnast organ koji kontrakcijom svojih poprečno prugastih mišića omogućuje gutanje.

*Jednjak (ezophagus)* je cevast organ sastavljen od mišićnog sloja obloženog sluzokožom, dužine oko 25 cm i funkcija mu je da sprovede hranu do želica.

**Želudac** (gaster) je mišićno sluzokožni organ smešten ispod dijafragme sa leve strane (ispod srca). Ovaj položaj nije zahvalan u anatomske smislu jer se ponekad događa da prepun želudac svojom veličinom pritsika organe grudne duplje pa i srce i ometa ih u radu. Zabeleženi su i teži slučajvi sa oštećenjem srčanog mišića (infarkt). Zapremina želuca je oko 1500 ml. Oblik želuca podseća na kesu koja je blago presavijena na polovini. Ova krivina želuca omogućava kraće zadržavanje hrane u procesu pripreme za varenje. Zid želuca se sastoji iz seroznog, mišićnog i sluzokožnog dela. Serozni sloj se nalazi u unutrašnjosti želudačne duplje i luči enzime za varenje (pepsin), hlorovodonicičnu kiselinu (HCL) i hormone želuca za regulaciju varenja. Mišićni sloj služi za mešanje hrane sa sokovima želuca i guranje ka daljim partijama - dvanaestopalačnom crevu (duodenum) digestivnog trakta na dalju obradu. Uloga želuca je da vari unetu hranu i da je kontrakcijom svoje raznovrsne muskulature izmeša i pretvor u kašastu materiju, koja zatim odlazi u tanko crevo na dalje razlaganje.

**Duodenum**- prvi deo tankog creva dugačko je 30 cm i u njemu se iz dva suprotna pravca slivaju veoma bitni fermenti za dalji proces varenja, žuč iz žučne kese i pankreatin, sok iz gušterice. Ovi sokovi omogućavaju varenje i najkompleksnijih celuloznih delova namirnica.

**Tanko crevo** je dužine između 5 i 7 metara i za razliku od ostalih delova digestivnog trakta, potpuno je pokretno. Jedina vezu sa zadnjim trbušnim zidom predstavlja trbušna maramica (mesenterium), veoma bogat splet krvnih sudova kroz koji se hranljive materije, nastale u procesu varenja, transportuju do ostalih delova tela-potrošača. Sluzokoža tankog creva je naborana pa je upijajuća površina povećana za 6-7 puta. Tanko crevo dovršava varenje hrane i vrši upijanje razgrađenih hranljivih sastojaka.

**Debelo crevo** je završni deo digestivnog trakta, dužine oko 1.5m. U njemu se uglavnom upija preostala voda iz ostatka sadržaja varenja.

**Jetra** je najveća fabrika u ljudskom organizmu sa zavidnim proizvodnim procesima vrlo kompleksne tehnologije. Ona je mek organ u vidu polulopte, sa ispupčenom gornjom površinom i lako izdubljenom donjom površinom. Teška je oko 1,5 kg i smeštena je sa desne strane ispod dijafragme.

Jetra je veoma prokrvljen organ preko sistema vena porte, kroz koju u jetru ulazi svakog minuta oko 1 litar krvi, i arterijom jetre kroz koju jetra dobija još oko 300 ml krvi. Sagrađena je iz mnoštva jetrenih režnjića, koji sačinjavaju žučni kanalići i jetrene ćelije oko njega.

Od mnogobrojnih funkcija jetre najznačajnija su metabolička i sekretorna.

Metabolička funkcija ogleda se u metabolisanju prispevkih organskih i neorganskih materija i sintezi odgovarajućih jedinjenja karakterističnih za ljudski organizam. Jetra je istovremeno organ za deponovanje rezervi energetskih materija, pre svega glikogena. U njoj se vrše procesi pretvaranja drugih hranljivih materija u šećer, iz kojih se najbrže stvara energija. Osim toga u jetri se vrše procesi detoksifikacije i odstranjivanja nekih štetnih materija iz organizma.

Od sekretornih funkcija jetre najznačajnije je stvaranje žuči. Žuč se konstantno stvara u jetri i deponuje u žučnoj kesi, smeštenoj ispod jetre.

Izvodnim kanalom žučne kese, žuč odlazi u dvanaestopalačno crevo gde pomaže razgradnju masti.

**Gušterica** (pankreas) je žlezda pridodata organima za varenje. Smeštena je pozadi želuca, uz zadnji trbušni zid. Teška je 70-90 grama. Sastoji se iz tri dela: glave, tela i repa. Izvodnim kanalom svoje sekrete (fermente) izlučuje u dvanaestopalačno crevo.

Žlezdani epitel gušterače proizvodi fermente za varenje belančevina, ugljenih hidrata i masti. Osim ovih fermenata, gušterača u tzv. langerhansonovim ostrvcima, stvara hormon insulin, koji reguliše nivo šećera u krvi.

Funkcije svih organa sistema za varenje regulisana je preko autonomnog nervnog sistema.

Od značajnijih mogućnosti prilagođavanja ovoga sistema na fizička naprezanja, dokazana je mogućnost nagomilavanja veće količine glikogena u jetri.

## **SISTEM ORGANA ZA IZLUČIVANJE**

Sistem organa za izlučivanje mokraće, ima najvažniju ulogu u izlučivanju štetnih materija iz organizma.

Ovaj sistem sastoji se iz parnih i neparnih organa. Parni organi su bubrezi i odvodni kanali mokraće do mokraćne bešike.

Neparni organi su mokraćna bešika i završna izvodna mokraćna cev.

*Bubrezi* su smešteni u takozvanim bubrežnim ložama, bočno od kičmenog stuba u visini zadnjeg grudnog rebra i prva dva slabinska rebra. Imaju oblik uvećanog pasulja. Na središnjem delu izdubljene strane nalazi se otvor-hilus bubrega, kroz koji prolaze krvni sudovi i mokraćovod. Bubreg je težak od 120-200 grama, a dimenzije su mu 12 x 6 x 3 cm.

Osnovna funkcionalna jedinica bubrega je nefron, prošireni deo bubrežnih kanalića u vidu epitelne čahure. Unutar čahure nalazi se bogata mreža krvnih kapilara, iz kojih se u epitelnu čahuru filtrira primarna mokraća. Od primarne mokraće ćelije zida bubrežnih kanalića, procesima resorpcije (upijanja) i sekrecije (lučenja), formiraju definitivnu mokraću. Stvorena mokraća odvodnim kanalićima odlazi u bubrežnu karlicu, a zatim sluzokožnim-mišićnim kanalom mokraćovodom u mokraćnu bešiku.

*Mokraćna bešika* je šupalj mišićni organ za skupljanje mokraće. Smeštena je u karličnoj duplji. Kapacitet mokraćne bešike iznosi oko  $350 \text{ cm}^3$ . Na izvodnom otvoru mokraćne bešike nalazi se kružni mišić (sfinkter), čija je kontrakcija pod uticajem svesti. Od ovoga otvora polazi završna mokraćna cev.

Bubrezi su specifični organi za izlučivanje sa višestrukou ulogom. Njihov zadatak je da izlučuju otpadne proizvode metabolizma, belančevina (urea, mokraćna kiselina), višak vode i minerala i materija strane organizmu (naprimjer lekovi). Osim navedenih funkcija bubrezi imaju ulogu pufera-regulatora unutrašnje sredine ljudskog organizma.

Krv dovedena arterijom bubrega, pod pritiskom od 60 mm Hg, efektivnim filtracionim pritiskom filtrira se u bubrežne kanaliće u primarnu mokraću, koja je zapravo krvna plazma bez belančevina. Veličina bubrežnog krvotoka je oko 1200 ml krvi na minut. Količina filtrata primarne mokraće normalno se kreće oko 120 ml/min ili 180 litara na dan.

Upijanjem tečnosti iz bubrežnih kanalića količina dnevne mokraće svodi se na 1,5 litara na dan. Pored tečnosti iz primarne mokraće ponovo se upijaju i vraćaju u krv sve hranljive materije (šećer i aminokiseline). Količina dnevne mokraće može znatno da se menja u zavisnosti od klimatskih uslova i od količine unete tečnosti u organizam. Za vreme toplih dana, kada se organizam obilno znoji i u vreme velike žedi količina dnevne mokraće se svodi na pola litre. Nasuprot ovome, uneta velika količina tečnosti u organizam povećava količinu dnevne mokraće do nekoliko litara (približno onoliko koliko je tečnosti uneto u organizam).

Prilikom dugotrajnih fizičkih aktivnosti bubrezi preuzimaju značajnu ulogu regulatora pufera unutrašnje sredine organizma, pošto sadrže hemijske spojeve (slabe kiseline ili baze i njihove soli) koji neutrališu višak kiselina i baza u telesnim tečnostima. Kiseline (mlečna kiselina i dr.) koje se stvaraju u organizmu sportista dobrim delom se neutrališu preko bubrega. U vreme produženih mišićnih aktivnosti smanjuje se priliv arterijske krvi u bubrege, jer se u organizmu menja preraspodela krvi. Srce, pluća i mišići zbog veće aktivnosti, dobijaju znatno više krvi na račun organa sa smanjenom funkcijom pri fizičkim aktivnostima. Zbog smanjenog stvaranja mokraće u organizmu se zadržava više tečnosti, koja će omogućiti organizmu da se obilnjim znojenjem lakše oslobodi viška telesne topote nastale u intenzivnim ćelijskim metaboličkim procesima za vreme fizičkih naprezanja.

## **DRUGI ORGANI ZA IZLUČIVANJE**

Dissajni organi eliminisu iz organizma metabolizmom stvoreni ugljen dioksid. Ubrzanim disanjem izbacuje se više CO<sub>2</sub>, pa se u organizmu smanjuje kiseonik (CO<sub>2</sub>sa vodom daje ugljenu kiselinu). Ovim se ispoljava regulatorna uloga pluća kao respiratornog pufera.

### **Koža**

Znojenjem, preko znojnih žlezda kroz kožu, organizam se oslobađa viška topote.

U vreme hladnoće znojenje praktično nestaje. Međutim, kada je temperatura vazduha visoka, ili se organizam obilno znoji pri telesnim naprezzanjima, količina znoja znatno se povećava. Neaklimatizovana osoba izluči oko 1,5 litara znoja na sat. Osoba maksimalno prilagođena funkciji znojenja, kakva su sportisti, mogu da izluče i do 3,5 litara znoja na sat.

## ŽLEZDE SA UNUTRAŠNJIM LUČENJEM

Žlezde sa unutrašnjim lučenjem proizvode hemijske materije – hormone, koje ubacuju direktno u krv jer nemaju posebne izvodne kanale. Hormoni svoje dejstvo ispoljavaju na određenim organima, regulišući njihovu funkciju, slično kao i vegetativni nervni sistem.

Žlezdane ćelije obrazuju funkcionalne jedinice oko sinusoidnih proširenja kapilara. Ova blizina žlezdanih ćelija i krvi u kapilarima omogućuje bolju ishranu žlezdanih ćelija i lakše izlučivanje hormona.

U žlezde sa unutrašnjim lučenjem spadaju:

- Hipofiza
- tireoidna zlezda
- paratireoidne žlezde
- timus
- epifiza
- nadbubrežne žlezde
- pankreas
- polne žlezde

Endokrini sistem je povezan sa CNS preko hipotalamusa. Utvrđeno je da većina hormona hipofize da se luče pod direktnim uticajem "oslobađajućih faktora" hipotalamusa. Takođe se zna da jedan broj ovih hormona ima i "inhibitorne faktore" koji, pored postojanja povratne negativne sprege, smanjuju njihovo lučenje u hipofizi.

## HIPOFIZA

Hipofiza se funkcionalno može podeliti na prednji, srednji i zadnji režanj i smeštena je na bazi lobanje u udubljenju koje se zove tursko sedlo.

Prednji režanj proizvodi hormone koji regulišu funkciju ostalih žlezda sa unutrašnjim lučenjem :

- Somatotropni hormon ili hormon rasta
- Tireotropni hormon (TH)
- Luteinizirajući (LH) i folikulostimulirajući (FSH) hormon
- Adrenokortikotropni hormon (ACTH)

Srednji režanj luči hormone za ubrzavanje pigmentacije kože (melatonin) i u koji utiče na ritmičnost i cikličnost dnevnih aktivnosti.

U zadnjem režnju hipofize se luče dva hormona: oksitocin i vasopresin, koji reguliše lučenje mokraće preko bubrega.

Najvažniji hormoni prednjeg režnja hipofize su hormon rasta, hormon za regulaciju funkcije nadbubrežnog i tireostimulirajućeg hormona (ubrzava lučenje hormona štitnjače).

Hormon rasta izaziva umnožavanje i hipertrofiju ćelija i uvećanja mekih tkiva (mišića) i organa, većom ugradnjom belančevina u ćelije. Njegovo pojačano lučenje otpočinje oko 3-4-te godine a najveći intenzitet ima u periodu puberteta. Smanjeno lučenje ovog hormona u detinjstvu dovodi do patuljastog rasta iako su telesne proporcije i inteligencija očuvani. S druge strane, usled povećanog lučenja ovog hormona u detinjstvu dolazi do pojave gigantskog rasta sa očuvanim

telesnim proporcijama i normalnom inteligencijom. Ako usled pojave tumora na hipofizi dođe do pojačanog lučenja ovog hormona nakon prolaska puberteta, dolazi do pojave koju nazivamo akromegalija. Ovu bolest karakteriše porast mekih tkiva i hrskavica, (usled završenog okoštavanja nije moguć razvoj kostiju), i nesrazmene u telesnim proporcijama. Ovo se najbolje uočava na licu obolelog gde se uočavaju isturene jagodice, velik i mesnat nos, povećane usne i povećanje vilične kosti.

**Tireotropni hormon** deluje samo na ćelije tireoidne žlezde, stimulišući ih na proizvodnju dva hormona-tiroksina i trijodtironina.

**LH i FSH** deluje na polne žlezde i to kod muškaraca testisi a kod žena ovarija. FSH se luči ciklično kod žena i utiče na stvaranje i sazrevanje oplodne ćelije-jajašceta. Kod muškaraca stimuliše spermatogenezu. LH kod žena stimuliše lučenje ženskih polnih hormona-estrogena a kod muškaraca muškog polnog hormona testosterona.

**ACTH** deluje na koru nadbubrežne žlezde stimulišući prvenstveno lučenje glukokortikoida-kortisola. O ulozi ovog hormona, nešto više reči će biti kada budemo govorili o nadbubrežnim žlezdama.

### TIREOIDNA ŽLEZDA

**Štitasta žlezda** (tireoidna žlezda) nalazi se u prednjem delu vrata. Sastoji se iz dva režnja levog i desnog, spojenih jednim suženim delom. Oba dela fiksirana su sa bočnih strana grkljana, sa kojim se zajedno podižu i spuštaju prilikom gutanja. Štitnjača je normalno teška 25-60 grama.

Osim toga ovaj hormon ima velikog uticaja na fizičko i mentalno stanje čoveka.

Tiroksin je odgovoran za regulaciju bazalnog metabolizma u organizmu-drugim rečima, određuje osnovni energetski nivo na kom ćelija-organizam kvalitetno funkcioniše. Njegovo pojačano lučenje poklapa se sa periodom od 3-4 godine i pubertetom. Pored bazalnog metabolizma, reguliše i nivo emotivnih reakcija CNS. Jedno od glavnih metaboličkih efekata ovog hormona je da njegovo prisustvo povećava koncentraciju glikoze u krvi što je jedan od preduslova za povećanje energetskog nivoa na kom organizam radi. Ovo je veoma bitno za rad u uslovima fizičkog opterećenja jer bez povećanja šećera u krvi nije moguće povećanje energetskih procesa u mišićnim ćelijama i postizanje velikih i kvalitetnih kontrakcija.

Osim toga ovaj hormon ima velikog uticaja na fizičko i mentalno stanje čoveka.

Povećanje koncentracija ovog hormona u krvi, usled povećanog patološkog lučenja, dovodi do Bazelovljeve bolesti koju karakteriše niz simptoma pojačanog energetskog rada ćelija, (tahikardija, enormna mršavost, pojačano znojenje, i podrhtavanje ruku-tremor i povećanje telesne temperature). Nasuprot ovom oboljenju, nedostatak ovog hormona dovodi do pojave nazvane miksedema, koju karakteriše enormna gojaznost praćena edemima, zaostalost u rastu sa zdepastim trupom i kratkim ekstremitetima i oštećenje inteligencije.

### PARATIREOIDNE ŽLEZDE

**Paratireoidne žlezde** se nalaze sa obe zadnje strane tireoide i zadužene su za metabolizam kalcijuma (Ca) i fosfora (P) u organizmu. Jon Ca se kao "stražar" nalazi u porama ćelijskih membrana i svojim pozitivnim nanelektrisanjem reguliše promet jona kalijuma (K) i natrijuma (Na) kroz membranu. Od količine ovog prometa elektrolita zavisi i trenutno izbalansirano energetsko stanje ćelije u miru koje nazivamo "membranski potencijal". Kada se, zbog pojave nervnog signala, pojavi talas akcionog potencijala koji je odgovoran za promenu energetskog nivoa ćelije uloga Ca jona je da poveća propustljivost membrane za jone K i Na i na taj način stvori preduslove za pojavu kontrakcije mišića. Zato, kod poremećaja u lučenju ovog

hormona kao što je njegovo smanjenje, jedan od dominantnih simptoma je stalan grč muskulature koji nazivamo tetanija. Hiperfunkcija ovih žlezda dovodi do potpuno suprotne slike-smanjenja ćelijske nadražljivosti koja se manifestuje mltavošću muskulature što veoma podseća na oboljenje - miastenia gravis.

S druge strane, metabolizam jona Ca i P nije vezan samo za ćelijsku membranu već učestvuje i u gradivnim procesima u kostima, pa kod poremećaja u lučenju, u kliničkoj slici dominiraju spontani prelomi ili iskriviljenja dugih cevastih kostiju.

### TIMUS

**Timus** je žlezda sa unutrašnjim lučenjem koja se nalazi iza grudne kosti. Ima ulogu u imunitetu, posle puberteta atrofira.

**Epifiza** je žlezda koja inhibitorno utiče na razvoj polnih žlezda. Kod kod njene hipofunkcije dolazi do prerane pojave puberteta koju nazivamo - pubertas praecox.

### NADBUBREŽNE ŽLEZDE

**Nadbubrežne žlezde**, desna i leva, nalaze se na gornjim polovinama bubrega. Teške su 10-12 grama. U funkcionalnom pogledu razlikuju se dva dela, kora i srž.

**Kora** proizvodi tri vrste hormona. Prvi regulišu promet vode i soli u organizmu, drugi deluju na metabolizam šećera i belančevina, a treći stimulišu razvoj sekundarnih seksualnih odlika.

**Srž** nadbubrežnog luči hormone adrenalin i noradrenalin, koji stimulišu rad simpatičkog autonomnog nervnog sistema. Najznačajnija uloga ovih hormona je regulisanje krvnog pritiska.

### PANKREAS

**Pankreas** je žlezda koja samo jednim svojim delom učestvuje u endokrinom sistemu i to onom koji luči hormone glukagon i insulin. Drugim delom aktivno učestvuje u procesu varenja lučeci izuzetno jake pankreatične sokove.

Oba hormona pankreasa direktno utiču na promet šećera u krvi osiguravajući jedan relativno konstantan nivo u miru.

### POLNE ŽLEZDE

**Polne žlezde** luče hormone koji utiču, pre svega, na razvoj primarnih i sekundarnih polnih odlika, a takođe i na promet materija u organizmu.

Najznačajniji uticaj muških polnih hormona na metabolizam nastaje nakon puberteta, kada započinje intenzivniji razvoj muskulature, bržom sintezom belančevina u njima, i jačanja i debljanja kostiju zbog obimnijeg taloženja kalcijumovih soli u međućelijskoj koštanoj masi. Od drugih promena značajno je povećanje bazalnog metabolizma i brži promet mineralnih soli i vode u organizmu.

## CENTRALNI NERVNI SISTEM I ČULA

Centralni nervni sistem je **koordinator funkcija** svih organa ljudskog organizma i centar svih svesnih radnji i ponašanja čoveka prema spoljnoj sredini.

Razlikuju se dva dela nervnog sistema: centralni i periferni.

**Centralni deo**, mozak i kičmena moždina, smešteni su u lobanji i kičmenom kanalu.

**Periferni deo** predstavljaju živci, koji povezuju centralni nervni sistem (CNS) sasvim delovima čovečijeg tela.

Prema funkciji CNS se deli na somatski i autonomni.

*Somatski nervni sistem* nalazi se pod kontrolom svesti čoveka. Sa periferije prima informacije iz voljne muskulature i čula, na osnovu kojih obrazuje šemu motornih pokreta i prenosi ih do voljne muskulature.

*Autonomni nervni sistem* deluje van kontrole svesti. On prima nadražaje iz unutrašnjih organa i krvnih sudova i reguliše njihovu funkciju. Deli se na dva dela, simpatički i parasimpatički deo. Ova dva dela imaju antagonističko dejstvo, koja je u normalnim uslovima uzajamno uravnoteženo. Simpatikus najčešće ubrzava funkciju organa i veoma je aktivan u stresnim situacijama. Parasimpatikus, često nazivan čuvarem sna, uglavnom usporava funkciju organa.

Osnovna strukturalna jedinica nervnog sistema je neuron-nervna ćelija. Sastoji se od ćelijskog tela i produžetaka. Telo ćelije najčešće je zvezdastog oblika, veličine 25-150 mikrona. U protoplazmi su jedro i neurofibrile, koje se pružaju i u produžetku nervne ćelije. Po dužini nervna ćelija sa produžecima može da bude dugačka i do nekoliko desetina santimetara.

Produceni ćelija dele se na dendrite i aksone. Dendriti primaju nervne impulse i prenose ih do nervne ćelije, a aksoni odvode impulse od ćelija. Aksoni su znatno duži od dendrita.

Tela neurona i dendriti obrazuju sivu masu CNS-a, a aksoni neurona belu masu. Više udruženih aksona čine moždane puteve.

Neuroni koji prenose impulse sa periferije do CNS nazivaju se osećajnim ili senzornim neuronima, za razliku od motornih neurona, koji prenose impulse od CNS do mišića i drugih izvršnih organa.

Motorni nerv ulaskom u mišić grana se na mnogobrojne grančice, od kojih svaka interviše jedno mišićno vlakno. Ćelijsko telo neurona zajedno sa aksonom, završnim granama motornih nerava oko mišićnih vlakana i mišićna vlakna obrazuju jednu, motornu jedinicu.

## PUTEVI NERVNOG SISTEMA

Dugi ili projekcioni putevi nervnog sistema dele se na ushodne ili senzorne i na nishodne ili motorne živce.

Ushodni putevi sprovode površni i duboki senzibilitet. Iz receptora na koži prenosi se osećaj bola, toplota i dodira, a iz receptora u mišićima i tetivama informacija o položaju i kretanjima ekstremiteta. Ushodni putevi su živci čulnih organa, koji prenose osećaj vida, zvuka, mirisa i ukusa.

Ovi putevi preko zadnjih korena kičmenih živaca u vezi su sa zadnjim rogovima sive mase u kičmenoj moždini, odakle polaze ushodni putevi u više moždane centre.

Nishodni ili motorni putevi sprovode impulse iz viših moždanih centara, preko kičmenih živaca i živaca za pojedine mišiće do samih mišića.

Učenje novih motornih navika i specifičnih pokreta u pojedinim sportskim aktivnostima je formiranje novih refleksnih radnji kombinovanih iz više elementarnih refleksnih lukova. U prvo vreme učenja, dok se ne obrazuje osnovna šema pokreta, ovi pokreti su grubi i nepravilni i izvode se uz kontrolu viših moždanih centara. Nepravilnosti u pokretima javljaju se zbog toga, što se pored kontrakcije mišića za određeni željeni pokret, kontrahuju i drugi mišići. Kasnjim savlađivanjem nove motorne navike, odbacuju se nepotrebni pokreti. Kontrola viših moždanih centara postepeno se smanjuje i cela radnja postaje automatska.

Osnovni način funkcionisanja CNS-a je putem brojnih jednostavnih i veoma složenih refleksa.

Anatomsку podlogu svakog refleksa čini refleksni luk, koji se sastoji iz pet delova:

- receptor (prijemna ćelija specijalizovana za primanje određene promene energije),
- aferatni-ushodni neuroni, koji prenose impulse od receptora u CNS,
- sinapsa-mesto kontakta dovodnog (senzitivnog) i odvodnog (motornog) neurona,
- eferentni motorni (nishodni) neuron i
- mišić.

Najjednostavniji refleksni luk ima sinapsu, odnosno jedan spoj u kičmenoj moždini između senzornih i motornih nerava i naziva sa monosinaptičkim refleksom. Disinaptički refleksi imaju dve sinapse, dok složeni ili multisinaptički imaju više spojnica i u višim delovima CNS.

Periferni nervni sistem možemo podeliti na:

- simpatikusni i
- parasimpatikusni deo

Uloga koju ova dva sistema imaju u regulaciji rada visceralnih organa umnogome zavisi od transmitera koji se luče na nervnim završetcima. Tako, podsećanja radi, periferni nervi na svojim sinapsama i nervnim završetcima luče acetil-holin. Ovaj isti transmpter luče i preganglijska vlakna i simpatičkog i parasympatičkog sistema. Međutim, postganglijska vlakna SIMPATIKUSA, zadužena za prenošenje impulsa do "radnog tkiva", pored acetil holina, u najvećem broju slučajeva luče NORADRENALIN. Poznato je da noradrenalin ima slična dejstva kao i adrenalin, s bitnom razlikom da ne podražuje previše srčani rad i ima produženo dejstvo (više časova je potrebno da bi se izlučio ili razgradio). Simpatikus reguliše promet materija u organizmu ubrzavajući ga, što direktno dovodi do povećanja rada samog organa. Stimulativna uloga simpatikusa se ogleda i na dejstvo samog centralnog nervnog sistema što direktno, preko alfa (piramidni) i gama nervnih puteva, može izazvati povećanje sposobnosti mišićnih reakcija kao krajnjih efektornih organa na završetku ovih puteva. Za razliku od simpatikusa, parasympatikusna postganglijska vlakna luče samo acetil-holin kao transmpter što bitno usporava promet materija u unutrašnjim organizma i ima za posledicu usporavanje njihove funkcije. Nema nikakvog dejstva na centralni nervni sistem i na njegove motorne efektore-mišiće.

Mozak i kičmena moždina su zaštićeni meningealnim opnama i likvorom.

*Mozak*, u užem smislu ima više delova: veliki mozak, međumozak, srednji mozak i rombasti deo mozga:

**VELIKI MOZAK (telencephalon)** – najsavršeniji deo nervnog sistema. Veliki mozak pokriva u vidu plašta ostale delove mozga. Podeljen je na dve hemisfere: levu i desnu. U sivoj masi velikog mozga smešteni su najviši motorni i senzorni centri i centri svesnih misaonih radnji čoveka. Razvoj velikog mozga se ne završava u intrauterinom periodu već se produžava i nakon rođenja, jer je za definitivno njegovo sazrevanje potreban uticaj okolne sredine. Razvitak mozga je naročito intezivan u prvoj deceniji života kada je učenje i razvoj kako motoričkih tako i senzitivnih i intelektualnih sposobnosti najveći. Mozak novorođenčeta se odlikuje nerazvijenošću kore, piramidalnih puteva i corpus striatum. Tek sa njihovim razvojem, veliki mozak preuzima ulogu centralnog kontrolnog pulta. Težina mozga kod odraslog čoveka se kreće oko 1400 gr. Pojedine moždane strukture se razvijaju i do 20-te godine života.

**MEDUMOZAK (mesencephalon)** deo nervnog sistema čija je osnovna uloga u sinhronizaciji dejstva ostalih nižih delova. *Međumozak* se nalazi između leve i desne hemisfere velikog mozga. Najvažniji delovi međumozga su talamus i hipotalamus. U talamusu su smešteni viši senzorni centri, a u hipotalamu najviši centri autonomnog nervnog sistema.

*Srednji mozak* sačinjavaju jedra 12 moždanih živaca

Rombasti deo mozga (**diencephalon**) nalazi se u zadnjoj lobanjskoj jami. Sastoji se iz: malog mozga, moždanog mosta i produžene moždine.

**MALI MOZAK (cerebellum)** je deo mozga odgovoran za koordinaciju svih pokreta a naročito onih najpreciznijih, je smešten u zadnjoj lobanjskoj jami iznad produžene moždine. Sadrži centralni deo i dve hemisfere. Njegova oštećenja dovode do poremećaja koordinacije pokreta, ravnoteže i promene tonusa poprečno prugaste muskulature Mali mozak učestvuje u izvođenju voljnijih pokreta, kontroliše održavanje ravnoteže i uspravan stav.

U moždanom mostu nalaze se centri za održavanje uspravnog stava čoveka.

**PRODUŽENA MOŽDINA (medula oblongata)** deo nervnog sistema, u kome se nalaze i završni centri za neke vitalne refleksne i pojedine kranijalne nerve. Tako se ovde nalaze centri za refleks disanja, srčani ritam, kontrolu krvotoka, znojenje itd. Povrede vratnog dela kičmenog stuba obično su udružene sa povredama produžene moždine (saobraćajni traumatizam). Najopasnije situacije su kada pri udarcu odstraga dođe do hiperekstenzije glave, što dovodi do prekida anatomske celine produžene moždine i, shodno tome, rada gore navedenih centara za disanje i srčani rad.

**KIČMENA MOŽDINA (medula spinalis)** deo nervnog sistema gde su skoncentrisani najprostiji nervni refleksni lukovi čiji je osnovni zadatak da u određenim situacijama omoguće brzo refleksno reagovanje. Kičmena moždina je smeštena u kičmenom kanalu. Pruža se od prvog vratnog pršljena, odnosno velikog okcipitalnog otvora, do drugog slabinskog pršljena. Debela je oko 10 mm. Sastoji se od sive i bele mase.

Siva masa postavljena je duboko u kičmenoj moždini, oko centralnog kanala. Na poprečnom preseku ima oblik slova H, na kojem razlikujemo središnji deo i po dva prednja i zadnja roga. Prednji rogovi sadrže motorne centre, a zadnji senzome.

Belu masu kičmene moždine, kao i viših delova mozga, čine moždani putevi.

*Kičmeni živci* (31 par) prolaze kroz međupršljenske otvore kao prednji i zadnji korenii. Prednji korenii sadrže motorna nervna vlakna, a zadnji senzorna.

Fizičko vežbanje koje u periodu nakon rođenja možemo u uslovnom smislu posmatrati kroz funkcionalne igre (vidi psihomotorni razvoj) je od presudnog značaja za funkcionalno sazrevanje kore mozga, naročito motorne zone. U periodu intenzivnog rasta i razvoja celog organizma, fizičko vežbanje ima blagotvorno dejstvo i na sazrevanje CNS-a. Razvoj koordinacije, brzine i donekle snage, u ovom periodu zavisi i od uticaja vežbanja na sazrevanje moždanih struktura.

## ČULA I ČULNI ORGANI

Čula ili analizatori omogućavaju organizmu da primi informacije o zbivanjima u spoljnoj sredini i o promenama u unutrašnjim organima. Sastoje se iz receptora, ushodnih ili aferantnih puteva i centralnog dela u kori velikog mozga.

Receptori su telašca osetljiva na razne vrste podražaja. Prema vrsti draži koja ih stimulišu dele se na mehanoreceptore, termoreceprore, hemoreceptore i receptore osjetljive na elektromagnetne talase (štapići u oku). Druga podela receptora je prema lokalizaciji prijema draži: eksteroreceptori primaju podražaje iz spoljne sredine tela, a interoreceptori iz unutrašnjih organa. Rasprostranjenost receptora je različita. Neki se nalaze na većoj površini tela ili u više unutrašnjih organa (receptori čula dodira u koži i receptori u mišićima i tetivama odakle se prenose informacije o položaju i kretanju tela), dok su grupisani u posebnim čulnim organima (npr. čulo vida u oku).

Od receptora informacija se prenose kao živčani impulsi ushodnim aferantnim putevima, perifernog i centralnog nervnog sistema, do najviših centara za čula u kori velikog mozga.

### Oko

Oko je smešteno u očnoj duplji. Delovi oka su: očni živac, očna jabučica i pomoćni organi.

*Očna jabučica* je oblika kugle ispunjena prozirnom očnom vodicom. Omotana je sa tri opne. Spoljašnja je čvrsta i održava oblik oka, srednja sadrži krvne sudove i živce oka, a unutrašnja receptore za svetlost i boje, štapiće i čepiće.

Na prednjem delu oka nalazi se dužica ili šarenica oka. U središnjem delu dužica je zenica, otvor za prolaz svetlosnih zraka. Pozadi zenice je očno sočivo, koje prelama svetlosne zrake sa fiksiranih predmeta i koncentriše ih u tački jasnoga vida. Stvoreni impulsi u tački jasnoga vida, dalje se prenose ushodnim putem preko očnog živca do kore velikog mozga.

Pomoćni organi oka su očni mišići, omotači, očni kapci, vežnjača, suzni aparat i trepavice.

### Uho

Uho je organ u kome su smešteni receptori čula sluha i čula ravnoteže. Sastoje se iz tri dela: spoljašnjeg, srednjeg i unutrašnjeg, u kome su smešteni receptori za oba čula.

*Spoljašnje uho* je u vidu školjke, koja se zatim nastavlja spoljašnjim ušnim kanalom. Oba ova dela sprovode zvučne talase do receptora u unutrašnjem uhu. Na granici između spoljašnjeg i srednjeg uha je bubna opna i slušna koščica srednjeg uha, nakovanj i uzengija.

*Unutrašnje uho* smešteno je u kostima piramidne i slepoočne kosti. Sastoje se iz kanalića ispunjenih tečnošću endolimfom. Pri treperenju endolimfe, koje izazivaju preneti zvučni talas iz spoljne sredine, nadražuju se slušne dlačice neuropitelnih ćelija receptori čula sluha. Stvoreni nadražaj prenosi se zatim slušnim živcem do centra za sluh u kori velikog mozga.

U mešnici i tri polukružna kanalića unutrašnjeg uha smešteni su receptori čula ravnoteže, koja podražuje tečnost endolimfe svojim kretanjem nastalim pokretima glave. Ovaj čulni organ samo je najvažniji deo složenog mehanizma održavanja ravnoteže tela. Pored njega u održavanju ravnoteže učestvuju i čula vida i čulo dubokog senzibiliteta. Dejstvom svih ovih faktora automatski se održava ravnoteža tela mišićnom aktivnošću.

### Čulo mirisa

Receptori ovog čula se nalaze u sluzokoži nosa i potpuno su razvijeni po rođenju iako dete reaguje na mirise nešto kasnije. Raspoznavanje mirisa uči se tokom celog života i može

predstavljati vrstu zanimanja. Kod pojava nekih lokalizacija tumora u mozgu, pre nastanka glavobolja i neuroloških ispada fini početni simptom može biti gubitak osećaja mirisa.

### **Čulo ukusa**

Receptori ovih čula se nalaze u papilama jezika, mekom i tvrdom nepcu. Tek između 2-3 meseca posle rođenja dete reaguje na ukuse (slano, gorko, kiselo) a već u drugoj polovini prve godine života počinje da bira hranu, (najčešće blago zasladi).

Pravi ukus se formira u kasnjem životu pod uticajem navika u ishrani

Receptori čula ukusa smešteni su u sluzokoži gornje strane jezika, u vidu takozvanih gustativnih telašaca. Ova telašca nadražuju se hemijskim materijama rastvorljivim u pljuvački. Čulo ukusa razlikuje četiri vrste osećaja: gorko, slatko, slano i kiselo.

### **Čulo površinskog senzibiliteta**

Receptori površnog senzibiliteta smešteni su u koži i sluzokoži nekih organa. Obrazuju ih slobodni završeci senzitivnih živaca, od kojih zatim polaze ushodni živci za prenos mehaničkih podražaja bola, topote i hladnoće.

### **Čulo dubokog senzibiliteta**

Receptori dubokog senzibiliteta smešteni su u mišićima, tetivama i zglobovima. Istezanjem mišićnih i tetivnih vlakana i pritiskom na osjetljiva telašca u blizini zglobova nastaju osećaji o pokretima tela koji se odvijaju.

## **POKROVNI SISTEM**

Sastoji se od kože, kose i noktiju

Koža:

- › Epidermis
- › Dermis
- › Potkožno tkivo

Koža služi kao prva linija odbrane organizma, štiti od infekcija i UV zračenja. Takođe učestvuje u regulaciji telesne temperature i uklanjanju otpadnih materija. Gornji sloj kože je epidermis i sastavljen je od mrtvih ćelija koje sadrže keratin čineći kožu vodootpornom. Ćelije epidermisa stvaraju pigment melanin. Dermis je ispod epidermisa i sadrži krvne sudove i nerve, senzorne receptore, folikul dlake i glatke mišiće. Dermis sadrži i dva tipa žlezda: znojne i lojne. Ispod epiderma i derma se nalazi potkožno vezivno tkivo (uglavnom masti) koje pomaže toplotnoj izolaciji, depou energije i zaštiti tela.

## HOMEOSTAZA

Kontrolisanje stalnosti unutrašnjeg okruženja

Stabilno okruženje se održava u uskim okvirima i od suštinske je važnosti za život. Organizam stalno vrši razmenu energije i materije između unutrašnje i spoljne sredine.

Dobici i gubici u organizmu moraju da balansiraju.

Upravljački sistemi

Receptor, kontrolni centar, efektor

Sistem povratne sprege: negativna povratne  
pozitivne povratne

Homeostatski sistemi kontrole imaju receptore koji detetkuju promene i iz kontrolnog centra usmerava odgovor na efektor.

Telo prati unutrašnje prilike i čini korekcije kroz biofid bek (biofeed back)sprege

U negativne povratne sprege su reakcije koje se suprotstavljaju promeni koja je izazvala poremećaj homeostaze: Ako je u telu detektovan višak topote, mozak šalje signale krvnim sudovima u blizini površine tela da se šire, kao i znojnim žlezdama da povećaju aktivnost. Kako se telesna temperatura normalizuje, mozak obrće proces i usporava proizvodnju znoja i izaziva suženje krvnih sudova.

U pozitivne povratne sprege su reakcije organizma koje pokreću dalju akciju. Uobičajeni primer pozitivne povratne sprege je prilikom zgrušavanja krvi koja se stalno aktivira dokle god ne prestane krvarenje.

Kad glukoza ulazi u krv posle obroka, višak glukoze se transportuje u jetru da bi se ona skladištila u obliku glikogena. Između obroka kada pada nivo glukoze u krvi, jetra pretvara glikogen u glukozu i oslobađa je (vraća) nazad u krv kako bi normalizovala nivo glukoze.