

PRVA PRAVNA MEDICINSKA ŠKOLA
"HIPOKRAT"
NOVI SAD

Dr Danica Obradović
dr Branko Milutinović
dr Danica Ulić
dr Verica Božić-Krstić

KINEZILOGIJA

za III razred medicinske škole



ZAVOD ZA UDŽBENIKE
I NASTAVNA SREDSTVA
BEOGRAD

RECENZENTI

prof. dr *Olga Dimitrova-Jovanović*, Institut za rehabilitaciju, Beograd
prof. dr *Ratomir Tišma*, Institut za rehabilitaciju, Beograd
dr *Dragoslav Novaković*, Medicinska škola, Kruševac

UREDNIK

Mirjana Jovanović

ODGOVORNI UREDNIK

Nebojša Jovanović

IZDAVAČA

prof. dr Radoš Ljušić, direktor i glavni urednik

Ministarstvo prosvete Republike Srbije odobrilo je ovaj udžbenik za izdavanje i upotrebu u III razredu medicinske škole rešenjem br. 650-02-49/95-03 od 11. decembra 1995. godine.

ISBN 86-17-13703-X

Predgovor

Kineziologija je jedan od osnovnih stručnih predmeta u zdravstvenoj struci za zanimanje fizio- i radnog terapeuta. Osim za učenike zdravstvene struke kineziologija je bitan predmet i za studente fizičke kulture, sportske trenere i za sve one koje interesuje nauka o pokretu i kretanju čoveka. Cilj kineziologije je upoznavanje pokreta tela i praktična primena pokreta u terapijske svrhe. Zato kineziologija predstavlja osnovu za proučavanje kineziterapije.

Predmet kineziologija objedinjuje znanja kako osnovnih prirodnih nauka – fizike, hemije, opšte biologije i matematike, tako i anatomije i fiziologije. Zato su autori pošli od pretpostavke da učenici poseduju osnovna znanja stečena u prethodnim fazama obrazovanja i polikom pisanja udžbenika trudili su se da izbegnu ponavljanje gradiva i dosadašnjih saznanja. S druge strane, nadograđivali su i proširivali oblasti neophodne za razumevanje složene funkcije pokreta i kretanja čoveka.

Autori se nadaju da će ovaj udžbenik bar delimično ublažiti prazninu koja postoji u oblasti kineziologije za ovaj uzrast, tj. osnovni stepen obrazovanja, i olakšati budućim nosiocima procesa rehabilitacije shvatanje složene funkcije pokreta i kretanja, kao i načina njene primene i realizacije u praksi.

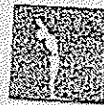
Autori su se trudili da jezik udžbenika bude što jednostavniji i razumljiviji. Pojedini delovi teksta štampani su sitnim slovima (tzv. petitom). Ti delovi služe pojednostavljenju složenog teksta, ali bez gubitka naučno-stručnih vrednosti navedenih činjenica ili, na nekim mestima, pružaju učeniku šira objašnjenja, kao i dopunu saznanja o nekom problemu ili, čak, u određenom trenutku, predstavljaju neophodan podsetnik.

Svako poglavlje ima odgovarajuće ilustracije – slike, šeme ili tabele. Autori smatraju da ilustracije, osim što obogaćuju udžbenik, predstavljaju i veliku pomoć učeniku pri učenju i razumevanju bilo teorijskog, bilo praktičnog dela kineziologije.

Organizacija pisanja poglavlja teorijskog dela, kao i vežbi, zamišljena je tako da svaki autor prema svojoj profesionalnoj opredeljenosti obradi odgovarajuća teorijska poglavlja, odnosno vežbe.

Prema nastavnom programu, knjiga se sastoji iz dva dela, teorijskog i praktičnog.

Teorijski deo ima šest poglavlja. *Prvo poglavlje* obrađuje elemente lokomotornog aparata sa kineziološkog aspekta. Cilj *drugog poglavlja* jeste upoznavanje mehanizma nastanka kontrakcije, snage i faktora koji utiču na njenu efikasnost. *Treće poglavlje* predstavlja upoznavanje koštanih poluga, težišta, ravnoteže i njenih vrsta. *Četvrto poglavlje* objašnjava ulogu centralnog nervnog sistema u mišićnoj kontrakciji. U *petom poglavlju* obrađena je automatizacija pokreta i



Grupa autora

141

kompenzacija funkcija. Poslednje, *festo poglavlje*, predstavlja teorijsko upoznavanje metoda merenja normalne funkcije lokomotornog aparata.

Praktični deo udžbenika (vežbe) podrazumeva praktičnu primenu teorijskog znanja. Ovaj deo udžbenika sastoji se od trideset pet vežbi, koje su, prema nastavnom programu, podeljene u osam celina i takođe ilustrovane originalnim fotografijama i crtežima.

U prvoj vežbi nabrojane su i ukratko objašnjene metode evaluacije funkcionalnog stanja lokomotornog aparata. U delu koji obuhvata *vežbe* od 2 do 5 opisuju se antropometrijske tehnike i meri instrumenti. U vežbama 6–16 upoznaju se instrumenti i načini merenja obima pokreta. Sadržaj četvrti celine *vežbi*, od 17 do 29, jeste postupak manualnog merenja mišićne snage. U 30. vežbi opisuje se način dinamometrijskog merenja mišićne snage. U celini koja obuhvata 31. do 33. *vežbe* opisuje se način merenja mišićnog rada. U 34. *vežbi* opisani su načini izvođenja metoda merenja krvotoka u ekstremitetima. U poslednjoj celini ili 35. *vežbi* opisuje se izvođenje postupka male spirometrije.

Ilustracije za udžbenik izradila je dr mr sci. Albina Kasaš, na čemu joj iskreno zahvaljujemo. Takođe zahvaljujemo prof. dr B. Milutinoviću, koji je kompjuterski obradio određeni broj crteža.

Posebnu zahvalnost dugujemo višem terapeutu Sladani Đorđević na pomoći u izradi odabranih delova praktičnih vežbi, korisnim savetima, kao i angažovanju pri izradi fotografija.

Bez pomoći Radeta Samardžije, profesionalnog fotografa, teško da bismo uradili fotografije kojima je udžbenik obogaćen, pa koristimo priliku da mu zahvalimo.

Zahvalnost dugujemo i studentu Fakulteta fizičke kulture Borislavu Obradoviću, koji je pristao da nam bude model u izradi praktičnog dela udžbenika.

Takođe zahvaljujemo recenzentima na njihovim korisnim primedbama i sugestijama koje smo usvojili i ugradili u tekst.

Sa zahvalnošću ćemo primiti dobronamerne kritike i korisne sugestije ili primedbe koje bi doprinele još boljem sadržaju i načinu izlaganja ove složene materije.

AUTORI

Uvod

Reč kineziologija potiče od grčkih reči kinesis – što znači pokret i logos – nauka. U slo-
bodnom prevodu kineziologija označava nauku koja proučava pokret. U najširem smislu reči
kineziologija proučava funkcionisanje lokomotornog aparata. Međutim, s obzirom na to da po-
stoje različiti uslovi kretanja, odnosno micovanja živog organizma, tj. tela koje poseduje sop-
stvenu pokretačku sposobnost, analiza funkcionisanja lokomotornog aparata znatno je složenija.
Zato kineziologija objedinjuje elemente potrebne za proučavanje i analizu delovanja aparata za
kretanje živog tela i, osim zakona fizike, mehanike i biomehanike, biologije, funkcionalne
anatomije i fiziologije lokomotornih funkcija, obogaćuje se i prihvatanjem biohemije, fiziologi-
je nervnog sistema, kao i primenom novih tehničkih dostignuća.

*Predmet izučavanja kineziologije je normalni pokret ljudskog tela i njegova praktična pri-
mena u terapijske svrhe.* Kineziologija pruža osnovna saznanja i utvrđuje uslove pod kojima se
pokreti vrše, kao i načine kojima se analizira lokomotorni aparat u toku izvođenja složenih kre-
tanja čovečjeg tela ili održavanja stavova.

Aparat za kretanje živog organizma je veoma specifičan. Treba imati na umu da se pokret,
posmatran u okviru sastavnih elemenata lokomotornog sistema, ne može proizvoljno sprovesti
u bilo kom smeru. On se mora uklopiti u određeni sistem poluga, ali ne uz dejstvo proizvoljne,
već unutrašnje sile (tj. mišića), kao i uz saglašavanje rastojanja težišta delova tela u odnosu na
zglob u kojem se u tom trenutku vrši pokret. S druge strane, kineziologija se primenjuje kao
sredstvo lečenja i ublažavanja posledica patoloških stanja. Ona nalazi primenu u terapiji posledici-
ca ortopedskih, neuroloških i drugih oboljenja lokomotornog aparata, kao i oboljenja pluća, srca
i drugih organa.

Ponavljanjem pokreta poboljšava se motorika, što se odražava na svest u smislu usvajanja
navika na još složenija kretanja. Da bi se jedno složeno kretanje moglo savladati, potrebno je
razložiti ga na jednostavne pokrete. Osim toga, poznavanjem kineziologije i njenih principa
može se izraditi „plan“ efikasnog ali i složenog kretanja za izvršavanje posebnog zadatka, bez
obzira na to da li je zadatak iz oblasti svakodnevnog života, fizičkog vaspitanja ili je u okviru
profesionalnog rada.

*Kineziologija je nauka o posebno primenjenim aktivnostima koja ima za cilj utvrđivanje
zakovitosti o uticaju i delotvornosti tih aktivnosti na psihosomatski kapacitet čoveka.*

Kineziologija obuhvata tri osnovne oblasti. To su:

a) opšta kineziologija, koja se bavi opštim zakonitostima funkcionisanja lokomotornog
aparata u zavisnosti od pola, godina starosti, konstitucije, uslova života i sl;



Grupa autora

161

b) specijalna kineziologija, koja podrazumeva skup naučnih disciplina koje sadrže elemente kineziologije, deo su kineziologije ili su u bliskom odnosu sa kineziologijom (kineziološka biologija, kineziološka biomehanika, kineziološka psihologija i dr.);

c) primenjena ili aplikativna kineziologija, koja proučava motorne zakonitosti u tipičnim aktivnostima. Zbog širine ove vrste kineziologije moguće su njene dalje podelje. Prema ciljevima, aplikativna kineziologija se može podeliti na:

- edukativnu kineziologiju, čiji je zadatak upoznavanje motornih aktivnosti najšire populacije u zavisnosti od interesa, sklonosti, a sa ciljem da čovek te aktivnosti primenjuje tokom celog života;

- rekreativnu kineziologiju, čiji je cilj proučavanje i primena preventivnih aktivnosti, kao i aktivnosti za očuvanje postojećeg stanja u razvoju i vaspitanju bilo omladine, bilo onih koje vraćaju radne i kreativne sposobnosti čoveka;

- primenenu kineziologiju u pojedinim sportskim granama, čiji je cilj proučavanje maksimalne motorne delotvornosti koja se može ostvariti kroz treninge (agolološka kineziologija);

- kineziterapiju, koja je takođe u okviru ove oblasti, i bavi se primenom i proučavanjem pokreta radi lečenja. Kineziterapija na osnovu kineziologije planira, dozira i programira tipične kineziološke aktivnosti da bi se patološko stanje promenilo, a preostale psihosomatske mogućnosti podigle do najviših mogućih granica.

Predmet izučavanja kineziologije veoma je širok i predstavljen je čitavim kompleksima istraživanja koja se zasnivaju na naučnim metodama rada.

Istorijski razvoj kineziologije započinje još pre nove ere. Grčki filozof Aristotel je u svojim delima *Delovi životinjskog tela*, *Pokreti životinja* i *Kretanje životinja* prvi ukazao na funkciju mišića, a njihove akcije geometrijski analizirao. On se takođe bavio analizom hoda, zakonitostima kretanja i poluga.

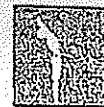
Pored ovog, pojavljuje se drugi grčki filozof, Arhimed, koji postavlja hidrostatske principe ponašanja tela potopljenog u vodu, koji se i danas primenjuju (hidroterapija).

Rimski naučnik Galen, koji se smatra prvim lekarom u istoriji čovečanstva, proučavao je mogućnosti pokretanja tela. U svom delu *De Motu Musculorum* opisuje razlike između motornih i senzitivnih nerava, mišića agonista i antagonista i vrste zglobova. Ovaj naučnik uvodi nazive za vrste zglobova, koji se, između ostalog, i danas upotrebljavaju (npr. u artrologiji pojam sinartroze i diartroze).

Za vreme srednjeg veka nastupa „prekid“ razvoja nauke, pa su i neka klasična znanja zaboravljena, sve do pojave Leonarda da Vinčija, koji je bio umetnik, naučnik, inženjer i veliki pronalazač u svim ovim oblastima. Ovaj naučnik se interesovao za strukturu ljudskog tela, ali ne samo da bi ga bolje likovno izrazio, već ga je zanimalo ponašanje i funkcionisanje pojedinih delova tela, kao i njihovi međusobni odnosi u zavisnosti od položaja tela i ravnoteže. On je opisao ponašanje tela pri hodaњу, pri ustajanju iz sedećeg položaja i pri skakanju.

Pola veka posle Da Vinčija dolazi Galileo Galilei sa svojim matematičkim principima, koji postaju osnova klasične mehanike i uvod u razvoj eksperimentalnog pristupa nauci.

Zatim se pojavljuju brojni naučnici, kao što je bio Vilijam Harvej (*William Harvey*), pronalazač krvotoka i cirkulacije i srca kao mišićne pumpe, Nikolas Andri (*Nicolas Andry*), koji se smatra osnivačem ortopedije, Isak Njujn (*Isaac Newton*), koji je svojim epohalnim radom postavio principe moderne dinamike.



Kineziologija

171

Naučnici i njihovi radovi koji se javljaju krajem XIX i početkom XX veka predstavljali su moderan pristup istraživanju pokreta i celokupne kineziologije. Adolf Eugen Fik (*Adolf Eugen Fick*) uvodi naziv izometrijske i izotonične kontrakcije, Vilijam Ruks (*Wilhelm Roux*) ukazuje da je hipertrofija rezultat intenzivnog rada, a Julijus Volf (*Julius Wolff*) postavlja zakon o modifikaciji kosti koja nastaje pod uticajem sile pritiska mišića i statičkih sila. Osim njih, ovom problematikom se u svojim delima bavi i niz drugih naučnika.

Međutim, kao i druge moderne nauke, tako se i kineziologija u svom razvoju ne zadovoljava samo mehaničkim analizama ljudskog kretanja nego napretkom nauke i raznih instrumenata omogućuje otvaranje novih naučnoistraživačkih polja, koja će doprineti njenom usavršavanju.

1. Elementi lokomotornog aparata

Poznata je činjenica da se čovečije telo sastoji od nekoliko velikih organskih sistema. Pojedinačni organi unutar sistema nisu samostalni, nego je više njih svrstano u celinu u kojoj svaki organ obavlja posebnu funkciju, ali tako da rad jednog dopunjuje rad drugog. Svi oni deluju u istom smeru, sa osnovnim zajedničkim zadatkom da omoguće organizmu obavljanje neke od njegovih glavnih životnih funkcija.

Jedan od takvih sistema je lokomotorni sistem ili aparat za kretanje, koji se sastoji iz koštanog sistema, spojeva kostiju i mišićnog sistema.

Kosti organizma su međusobno povezane po određenom rasporedu i grade kostur ili skelet. Deo anatomije koji se bavi kostima naziva se osteologija. Ova nauka proučava oblike i građu pojedinih kostiju i njihovih celina kao što su lobanja, kičmeni stub i dr.

Spojevi kostiju povezuju kosti i građeni su različito. Neki spojevi su nepokretni, a neki su pokretni i omogućavaju pomeranje jedne kosti prema drugoj. Nauka koja se bavi zglobovima naziva se sindesmologija. Ova nauka se bavi i mehanikom zglobova, jer su pokreti koji se vrše u zglobovima određeni njihovom građom.

Mišićni sistem je grupni naziv za mišićne skeleta. Oni su građeni od poprečnoprugastih mišićnih vlakana i svojim krajevima su vezani za kosti, a svojom kontrakcijom menjaju položaj pojedinih delova organizma i pokreću celo telo u prostoru. Nauka koja proučava mišićne naziva se miologija. Ona opisuje funkcije koje proizilaze iz anatomskih odnosa mišića.

U funkcionalnom pogledu, sistem organa za kretanje čoveka može se podeliti na pasivni i aktivni deo. Pasivni deo lokomotornog sistema podrazumeva kosti i zglobove, a aktivni deo mišićne, tj. deo sistema za kretanje koji poseduje vlastitu motoriku.

Kosti

Kost (*os*) je organ izgrađen od koštanog tkiva. Kosti daju telu stalan i karakterističan oblik. One osiguravaju njegovu stabilnost i suprotstavljaju se dejstvu unutrašnjih i spoljašnjih sila kojima je čovečije telo izloženo tokom celog života. Kosti poseduju izvestan stepen elastičnosti i pružaju otpor na pritisak (presiju) i istezanje (trakciju).

Sve kosti organizma (izuzev podjelčne kosti) međusobno se zglobljavaju. Kosti koje učestvuju u izgradnji koštanih šupljina imaju zaštitnu ulogu.



Kineziologija

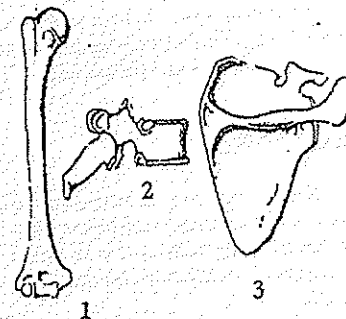
191

U čovečijem telu ima 206 kostiju, izuzimajući sezamoidne kosti, koje nastaju u telu mišića. One su nestalne i njihov broj je promenljiv.

Prema obliku, kosti se dele na duge, kratke i pljosnate (sl. 1.1).

Duge kosti (*ossa longa*). – Za njih je karakteristično da je jedna dimenzija (dužina) znatno veća od ostale dve (širine i debljine). One se nalaze u sastavu gornjih i donjih ekstremiteta i svojom dužinom uslovljavaju njihovu. Nazivaju se i cevastim kostima ili cevanicama (nadrakalna kost, golenjača).

Na svakoj dugoj kosti razlikuju se telo (*diaphysis* s. *corpus*) i dva okrajka (*epiphysis proximalis* i *distalis*).



Slika 1.1. – Oblik kostiju: 1 – duga kost, 2 – kratka kost, 3 – pljosnata kost

Telo dugih kostiju je srednji deo kosti, koji je izdužen i tanji. Manje – više je trostranoprizmatičnog oblika i nije pravo, već ima lučni ili oblik izduženog latiničnog slova S. Definitivan oblik kostiju formira se tokom života kao odgovor na dejstvo spoljašnjih sila. U telu dugih kostiju postoji relativno široka i dugačka šupljina (*cavitas medullaris*), koju ispunjava koštana srž.

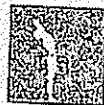
Kraj ili okrajak koji je bliži trupu naziva se gornji ili proksimalni (*epiphysis proximalis*), a drugi dalji ili distalni (*epiphysis distalis*).

Duge kosti, osim epifiza i dijafize, imaju i *metafiza*, koje su od kliničkog značaja. Metafiza je krajnji deo dijafize i leži između nje i epifize. To je mesto gde kost najintenzivnije raste i područje koje je bogato krvnim sudovima i njihovim anastomozama. U neposrednoj blizini metafize, pa i na samoj metafizi, pripajaju se tetive mišića i zglobna čahura, pa otuda ona predstavlja mesto različitih patoloških procesa.

Kratke kosti (*ossa brevia*). – Za njih je karakteristično da su sve tri dimenzije (dužina, širina, debljina) približno jednake. Ove kosti nalaze se na završecima ekstremiteta (ručje, nožje) i u sastavu kičmenog stuba (pršljenovi).

Ove kosti pojedinačno imaju malu pokretljivost, ali zajednički ostvaruju veću amplitudu pokreta i elastičnost određenog dela tela (pokreti trupa, šake, stopala). Neke od ovih kostiju grade svodove (kosti stopala), a pršljenovi kičmeni stub. U cilju lakšeg prikazivanja odnosa kratkih kostiju prema okolini, one se često upoređuju sa kockom i na njima se stoga razlikuje šest strana.

Pljosnate kosti (*ossa plana*). – To su one kosti čija je jedna dimenzija (debljina) znatno manja od druge dve (širina i dužina). Pljosnate kosti imaju zaštitnu ulogu pošto učestvuju u izgradnji koštanih šupljina za smeštaj nežnih organa važnih za život (kosti lobanje), potpora su organima koji su preteški za svoje slabe veze (karična kost) ili služe kao čvrst oslonac uz veliku pokretljivost (lopatična kost).



Grupa autora
1101

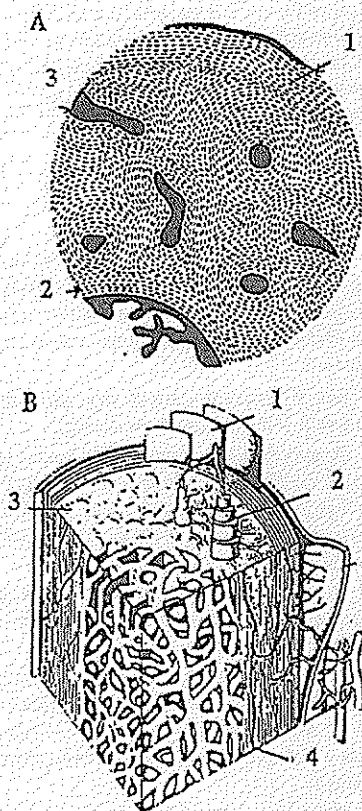
Na kostima postoje koštane tvorevine koje nastaju dejstvom – „izvlačenjem“ mišića. Te tvorevine mogu imati oblik kvrge (*tuber*), kvržice (*tuberculum*), grebena (*crista*), trnastog nastavka (*spina*) i hrapavosti (*tuberositas*).

GRADA KOSTIJU

Kosti su izgrađene od minimuma materijala, kojim se ostvaruje maksimum njihovog funkcionalnog zadatka. One se sastoje od zbijenog i sunderastog koštanog tkiva (sl. 1.2).

Zbijeno koštano tkivo (*substantia compacta*) obrazuje površinski sloj kosti. Ono gradi lamela, pločice koštanog tkiva koje su grupisane u vidu koncentričnih krugova uz spoljašnju površinu kosti (spoljni sistem lamela) i uz medularni kanal (unutrašnji sistem lamela). Između ova dva sistema pločica nalaze se nepravilno poredane lamela (intermedijarni sistem lamela), kao i niz koncentričnih lamela oko krvnog suda, koje obrazuju *canalis centralis*, čiji je raniji naziv bio Haversov kanal. Ovaj kanal se pruža paralelno uzdužnoj osovini kosti. Krvni sud koji se nalazi unutar kanala i sistem lamela koje ga okružuju predstavljaju *osteon*. Osteon je funkcionalna jedinica grade zbijenog koštanog tkiva. *Canales perforantes* (Volkmanovi kanali) takođe se provlače između gusto zbijenih koštanih lamela kompakte, ulaze u koštano tkivo najčešće sa spoljašnje strane, sadrže krvni sud za ishranu koštanog tkiva, ali nemaju svoj sistem lamela.

U koncentrično postavljenim lamelama osteona i oba osnovna sistema lamela, kolagena vlakna grade spiralne navoje različitog smjera i kosine. Smer navoja u dvema susjednim koncentričnim lamelama uvek je suprotan. Suprotan smer i različite kosine navoja kolagenih vlakana susjednih lamela omogućuju elastičnost kostiju i njihovu otpornost na pritisak, izvlačenje i uvrtanje.



Slika 1.2. – Šematski prikaz grade kosti:
A) poprečni presek kosti: 1 – spoljašnji sistem lamela, 2 – unutrašnji sistem lamela, 3 – osteon;
B) uzdužni presek kosti: 1 – pojedinačna lamela, 2 – osteon, 3 – canalis centralis, 4 – canalis perforans, 5 – periost, 6 – fibre perforantes



Kincziologija
1111

Tokom rasta osteoni se razgrađuju da bi se obrazovali novi, a između novih osteona zaostaju delovi starih.

Sunderasto koštano tkivo ili spongioza (*substantia spongiosa*) izgrađena je od koštanih lamela koje obrazuju koštane gredice i koje su međusobno isprepletane i odvojene šupljinicama, areolama. Za razliku od zbijenog koštanog tkiva, koje se nalazi na spoljnim delovima kostiju, sunderasto koštano tkivo gradi dublje delove kosti, kao i okrajke dugih kostiju.

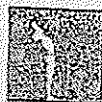
U dugim kostima kompakta u visini tela kosti obrazuje šuplji koštani kanal (*cavitas medullaris*). Medularni kanal, u periodu razvoja, ispunjava crvena koštana srž (*medulla ossium rubra*), dok je kod odraslih popunjen žutom koštanom srži (*medulla ossium flava*). Okrajci dugih kostiju izgrađeni su od sunderastog koštanog tkiva koje okružuje tanak sloj kompakte. Kratke i pljosnate kosti izgrađene su od sunderastog koštanog tkiva koje je obavijeno tankim slojem zbijenog koštanog tkiva.

Spoljašnja površina kostiju, izuzev zglobovskih delova i mesta pripoja tetiva i veza, pokrivena je fibroelastičnom membranom zvanom pokosnica (*periosteum*), koja se odlikuje bogatstvom krvnih sudova i živaca (sl. 1.2).

Periost se sastoji iz površinskog i dubokog sloja. *Površinski* ili *fibrorni* sloj čine snopovi kolagenih vlakana koja se ukrštaju sa elastičnim vlaknima, a *duboki* ili *osteogeni* sloj sastoji se od osteoblasta, krvnih sudova, limfnih sudova i nerava. Ovaj sloj je značajan za rast kosti u širinu i zarašćivanje preloma. Krvni i limfni sudovi periosta povezani su sa sudovima unutar centralnog i perforantnog kanala i služe za ishranu koštane supstance. Periost je pripojen za kost kolagenim vlaknima svog površinskog sloja (*fibre perforantes*), koja prodiru u kost i pričvršćuju pokosnicu. Čvrstina pripajanja periosta je nejednaka i slabija je na dijafizama nego na epifizama. Periost se lakše odvaja sa glatkih površina kosti nego sa hrapavih. Osteoblasti periosta poseduju sposobnost stvaranja koštanog tkiva, koja se posle tridesete godine veoma smanjuje.

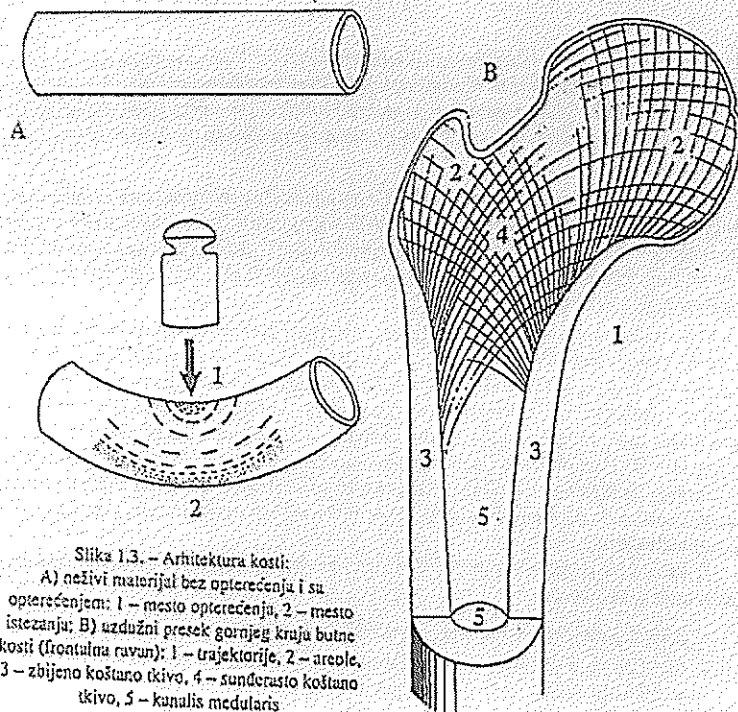
Arhitektura kosti je način raspoređivanja koštanih lamela unutar kosti. Raspored koštanog tkiva unutar kosti uslovljen je delovanjem mehaničkih sila (sabijanja i istezanja). U svakoj kosti koštane lamela se grupisane duž glavnih linija najvećeg naprezanja kosti, gde pružaju maksimalan otpor mehaničkim faktorima. Naime, ako se na jedno telo, koje se sastoji iz homogene mase, postavi teret, on teži da na mestu i u pravcu pritiska približi delić mase opterećenog tela jedne drugima, a nasuprot, pod pravim uglom od pravca pritiska, da ih odmakne. Ouda se u opterećenom telu javlja otpor koji se suprotstavlja sili sabijanja i sili istezanja. Ovakv otpor nije podjednako raspoređen. Najjači je duž glavnih linija ili putanja grupisanja, koje se nazivaju *trajektorije*. Kompaktno koštano tkivo jedne kosti predstavlja zbijene trajektorije, a spongiozno koštano tkivo mesta gde su trajektorije razmaknute. Međutim, one nisu stihlino razbacane, nego se lepezasto šire i zauzimaju lučni oblik, kako bi se najbolje suprotstavile pritisku (sl. 1.3). Trajektorije spongioze povezane su sporednim gredicama koje sprečavaju razmičanje glavnih gredica. Ovakvo građena kost je vrlo čvrsta i otporna, a istovremeno je laka. Koštano tkivo grade *međucelijska supstanca* i *čelijski elementi*.

Međucelijska supstanca sadrži organske i neorganske komponente. Organsku komponentu međucelijske supstance većim delom čine kolagena vlakna, a manjim delom amorfna međucelijska supstanca. Ova komponenta naziva se osteoid, a stvaraju je osteoblasti. Neorganski deo čine soli kalcijuma i fosfora. Sazrevanjem koštanog tkiva međucelijska supstanca se kalcifikuje u toku procesa okostavanja.



Grupa autora

/ 12 /

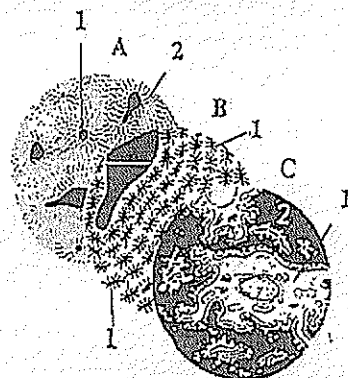


Slika 1.3. – Arhitektura kosti.

A) neživi materijal bez opterećenja i su opterećenjem: 1 – mesto opterećenja, 2 – mesto istezanja; B) uzdužni presek gornjeg kraja butne kosti (frontalna ravnina): 1 – trajektorije, 2 – areole, 3 – zbijeno koštano tkivo, 4 – sponozasto koštano tkivo, 5 – kanalis medularis

Ćelijske elemente koštanog tkiva čine *osteoklasti*, *osteoblasti* i *osteociti*. *Osteoklasti* su ćelije odgovorne za razaranje, odnosno modeliranje kosti. Oni razgrađuju višak novostvorene kosti, stvaraju šupljine oko kapilara preko kojih su dospeli u koštano tkivo. *Osteoblasti* su gradivne ćelije koje nisu sposobne za deobu. Oni stvaraju međucelijsku supstancu, utapaju se u nju i postaju

Sliku 1.4. – Koštane ćelije (različito uvećanje)
A) 1 – osteon, 2 – koštana ćelija, B) 1 – produžeci lezistul koštane ćelije, C) 1 – koštana ćelija – osteocit sa ćelijskim sadržajem, 2 – okoštala međucelijska masa



Kineziologija

/ 13 /

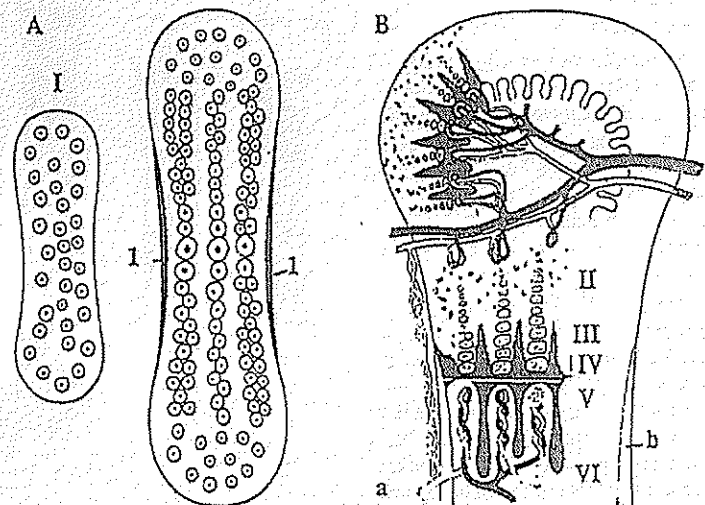
osteociti. *Osteociti* su ćelije izduženog oblika sa mnogobrojnim citoplazmatskim produžecima (sl. 1.4). Oni leže u svojim ležištima (*lacuna ossea*), a njihovi citoplazmatski produžeci u nastavcima ovih ležišta (*canaliculi ossei*).

RAST I RAZVOJ KOSTIJU

Koštani sistem se razvija iz mezenhima, tj. iz embrionalnog vezivnog tkiva u vidu fibroznih opni i hrskavičnih modela. Razvoj koštanog tkiva (osteogeneza) uvek se odigrava zahvaljujući mladom vezivnom tkivu u kome dolazi do razvoja osnovnih gradivnih koštanih ćelija – osteoblasta i ćelija odgovornih za razaranje koštanog tkiva – osteoklasta. Suprotne uloge ovih ćelija u formiranju koštanog tkiva omogućavaju uobličavanje kostiju i njihovu transformaciju tokom celog života. Jer osnovna funkcionalna karakteristika procesa izgradnje koštanog tkiva jeste stalno odvijanje dva procesa – stvaranje i razaranje koštanog tkiva. Prvi proces – stvaranje – obezbeđuju osteoblasti, a za drugi – modeliranje – odgovorni su osteoklasti.

Osteogeneza je dvofazni proces: u prvoj fazi, osteoblasti izgrađuju osnovnu međucelijsku supstancu i kolagena vlakna – osteoid. U drugoj fazi dolazi do mineralizacije ove koštane međucelijske supstance i prelaska osteoidnog tkiva u kost.

Okoštavanje fibrozne opne ili hrskavičnih modela embrionalnih kostiju odvija se na tri načina: 1) direktnim (intramembranoznim), 2) indirektnim (enhondralnim) i 3) periostalnim.



Sl. 1.5. – Zone enhondralnog okoštavanja hijaliniog modelu duge kosti: A) presek hrskavičnog modelu, 1 – perihondrijum (periost); B) II – zona ušorene hrskavice; III – zona hipertrofisane hrskavice; IV – zona kalcifikovane hrskavice; V – zona erozije; VI – osifikacije; a – krvni sud, b – periostealna kost



Grupa autora
141

načinom okoštavanja. Međutim, nema bitnih razlika između ovih načina okoštavanja, jer su faktori kod svake osifikacije uvek isti, a tok procesa jedinstven i sa istim završnim produktom – koštanim tkivom.

1) *Direktno (intramembranozno) okoštavanje* predstavlja proces direktne transformacije mezenhimnog vezivnog tkiva u kosti. Od svih kostiju samo klavikula okoštava na ovaj način.

2) *Indirektnim (enhondralnim) okoštavanjem*, tj. osifikacijom prethodnih hrskavičnih modela nastaju kosti hrskavičnog porekla (sl. 1.5). Hijalina hrskavica iz koje je građen skelet embriona predstavlja osnovu, tj. model enhondralnog okoštavanja. Na površini takvog hrskavičnog modela nalazi se omotač – perihondrijum.

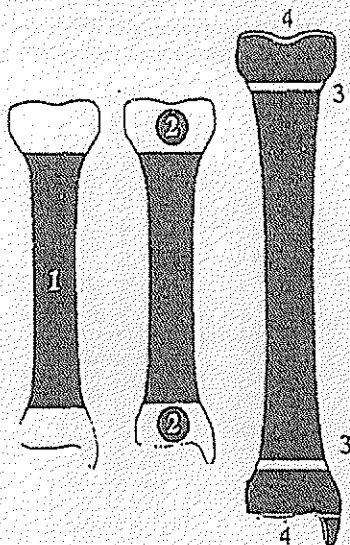
Oko sedme nedelje života embriona čoveka razvija se bogata mreža krvnih sudova, što omogućava da se ćelije omotača razvijaju u osteoblaste, a sam omotač postaje periost. Na ovaj način se formira tanka koštana ovojnica oko tela duge kosti i njeno okoštavanje započinje najpre okoštavanjem periosta (periostalno okoštavanje). Hrskavične ćelije dijafize postaju veće, a međucelijska supstanca okoštava, tako da se ćelije teško ishranjuju i postepeno propadaju. Međutim, druge ćelije se pružaju prema epifizama, u uzdužno upravljanim redovima, tako da se u ovom stadijumu razlikuju različite zone:

- hijaline hrskavice,
- ušorene hrskavice,
- kalcifikovane hrskavice,
- erozije i
- osifikacije.

U središnjem delu tela duge kosti pojavljuje se beličasto zamućenje. To je začetak primarnog osifikacionog centra. On nastaje prodorom krvnog suda iz ovojnice kroz izumrle hrskavične ćelije. Preko krvnog suda pristižu i osteoklasti, koji razaraju koštano tkivo i stvaraju međularni kanal dijafize. Ovo se dešava u zoni erozije. Deo kosti gde se slažu osteoblasti naziva se zona osifikacije.

Primarna tačka okoštavanja širi se prema epifizama, u kojima se odvija sličan proces kao i u dijafizi. U epifizama se stvaraju sekundarni ili epifizni osifikacioni centri. Ovi centri se šire i zamenuju koštanim tkivom, a hrskavica ostaje samo na površini kosti gde gradi zglobnu hrskavicu, dok hrskavica koja je okrenuta prema dijafizi čini epifiznu ploču. Hrskavica epifizne ploče nastavlja da raste i zadebljava sve do potpunog okoštavanja.

Epifizna hrskavica ili hrskavica rasta stvara se na granici metafize sa epifizom i



Slika 1.6. – Šematski prikaz razviku dugih kostiju:
1 – primarni osifikacioni centar (dijafiza okoštava periostalno), 2 – sekundarni osifikacioni centar (epifize okoštavaju enhondralno), 3 – epifizna hrskavica, 4 – zglobna hrskavica (koja ostaje nakon završetka rasta)



Kineziologija
151

njena povreda dovodi do poremećaja rasta i teških deformiteta. Posle završetka rasta epifizna hrskavica nestaje i epifiza srasta sa dijafizom (sl. 1.6). To se u većini kostiju dešava od puberteta do 20. ili 25. godine. Treba napomenuti da epifiza i metafiza čine nerazdvojnu celinu u kojoj se odvija rast kosti, oblikovanje izgleda kosti i njeno remodeliranje, tj. ispravljanje ugaonih poremećaja dijafize.

3) *Periostalna ili perihondralna osifikacija* počinje okoštavanjem periosta (koštane ovojnice) i perihondrijuma (omotača hrskavice). Duboki sloj perihondrijuma dijafize stvara koštanu masu. Vezivne ćelije perihondrijuma, koji postaje periost, diferenciraju se u osteoblaste. Osteoblasti izlučuju koštanu masu pa se oko hrskavične osnove dijafize stvara koštani sloj, koji postaje sve deblji. Tako kost raste u širinu.

Kod odojčadi i male dece kost u razvoju ima sposobnost da zajedničkom aktivnošću epifizne hrskavice i periosta ispravlja ugaone poremećaje dijafize, tj. vrši remodeliranje (npr. u slučajevima preloma). Uloga periosta je da na opterećenoj strani kosti dovodi do periostalne osifikacije, a na suprotnoj strani (strani istezanja) do resorpcije. U takvim slučajevima ploča epifizne hrskavice usporava rast na strani pritiska, a na strani istezanja ili dekompresije ga ubrzava. Zglobna površina se u tim slučajevima koriguje u pravcu izjednačavanja opterećenja (Delpešov zakon). Ovo stanje je obuhvaćeno i Wolfovim zakonom transformacije, koji govori o funkcionalnoj adaptaciji kosti, što podrazumeva kako promene u unutrašnjoj strukturi kosti, tako i promene spoljnog oblika kosti.

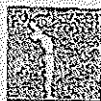
Koštano tkivo se nalazi pod neprekidnim uticajem hormona većeg broja žlezda sa unutrašnjim lučenjem, kao što su:

- hormon rasta (hormon prednjeg režnja hipofize), koji kontroliše rast kostiju;
- tireokalcitonin (hormon tireoidne žlezde), koji povećava količinu novostvorene kosti jer stimulise osteoblaste a deluje suprotno na osteoklaste;
- tiroksin (hormon tireoidne žlezde), koji utiče na sazrevanje i metabolizam kostiju;
- paratiormon (hormon paratiroidne žlezde), kontroliše resorpciju kosti;
- kortizon (hormon kore nadbubrega);
- adenokortikotropni hormon (hormon prednjeg režnja hipofize), deluje inhibitory na metabolizam belančevina u hrskavičnom i koštanom tkivu i dovodi do istanjenja hrskavice epifizne ploče i sporijeg rasta;
- polni hormoni (hormoni polnih žlezda), usporavaju rast kostiju u predelu epifizne ploče, ubrzavaju njenu kalcifikaciju i zatvaranje.

Zglobovi

Zglob (*articulatio*) predstavljaju spoj dve ili više kostiju. Zglobovi i kosti čine pasivni deo aparata za kretanje. Oni omogućavaju istovremeno stabilnost, elastičnost i pokretljivost pojedinih delova i čitavog skeleta.

U odnosu na *pokretljivost*, zglobovi se dele na nepokretne, koji povezuju kosti tako da prostor između njih ispunjava pasivno tkivo, i pokretne.



Grupa autora

/16/

NEPOKRETNİ ZGLOBOVI

Prema vrsti potpornog tkiva, nepokretni zglobovi se dele na vezivne i hrskavične spojeve. Ta podela je obično privremena jer, vremenom, u ove spojeve prodire koštano tkivo pa kosti čvrsto srastaju. Posledica okoštavanja je koštani spoj (ankiloza ili sinostoza).

Vezivni spojevi (*articulationes fibrosae*) su najčešća vrsta nepokretnih zglobova u čovečijem telu. Spoj kostiju kod ove vrste zglobova omogućen je ili tankim slojem vezivnog tkiva ili jakim fibroznim vezama i, u zavisnosti od toga, razlikuju se tri vrste ovih zglobova (sl. 1.7).

a) Šav (*sutura*) spaja ivice pljosnatih kostiju, između kojih se nalazi tanak sloj vezivnog tkiva (sl. 1.7. A, 1-3). Šavovi spajaju kosti lobanje i tokom života mogu okoštati i pretvoriti se u sinostoze. Prema obliku ivica graničnih kostiju, razlikuju se ravni šav (*sutura plana*), ljuskasti šav (*sutura squamosa*) i zupčasti šav (*sutura serrata*).

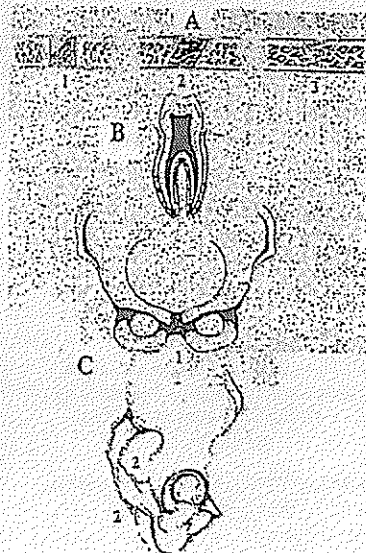
b) Klinasti spoj (*gomphosis*) jeste takav zglob kod koga je jedna kost klinasto usadena u drugu (zub u zubnom nastavku vilice, sl. 1.7. B).

c) Zglob pomoću fibroznih veza (*syndesmosis*) jeste spoj dve kosti snažnim međukoštanim vezama (sl. 1.7. C). Prema vrsti vezivnog tkiva koje ih gradi, sindesmoze se dele na fibrozne i elastične.

Hrskavični spojevi (*articulationes cartilagineae*) prema vrsti hrskavice koja učestvuje u stvaranju spoja između kostiju dele se na:

a) Zglobove sa hijalinom hrskavicom (*synchondroses*), koja kasnije može da okošta. Stoga se može govoriti o stalnim i prolaznim sinchondrozama, i

b) zglobove sa fibroznom hrskavicom (*synphyses*), koja obično povezuje simetrične delove kostura (sl. 1.7. C, 1).



Sl. 1.7. - Nepokretni zglobovi: A) šavovi: 1 - *sutura plana*, 2 - *sutura squamosa*, 3 - *sutura serrata*; B) *gomphosis*, C) 1 - *symphysis*, 2 - *syndesmosis*

POKRETNİ ZGLOBOVI

Pokretni zglobovi (*articulationes synoviales*) ili diartroze su centri pokreta u aparatu za kretanje i predstavljaju najsloženiji vid spajanja kostiju. Glavne karakteristike i osnovni elementi



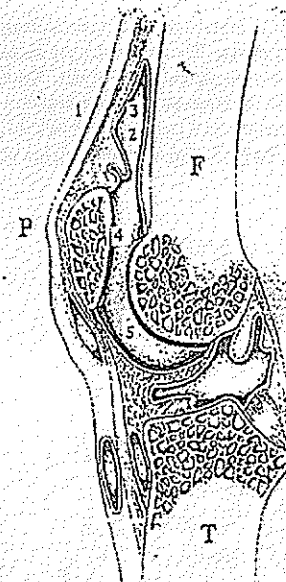
Kineziologija

/17/

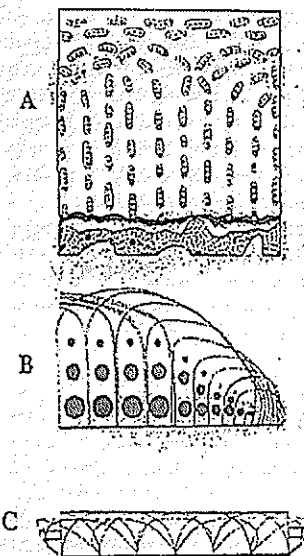
pokretnog zgloba su *zglobna površina*, *zglobna čahura* i *zglobna šupljina*. Samo spojevi u kojima su izražene sve tri karakteristike pripadaju grupi pokretnih zglobova ili diartroza (sl. 1.8).

Osnovna karakteristika „pravih zglobova“ jeste šupljina između dve kosti koje se spajaju, tako da se zglobne površine samo dodiruju, a svima veza između zglobnih elemenata ostvaruje se isključivo preko zglobne čahure.

Zglobne površine (*facies articulares*). Zglob obuhvata najmanje dve kosti, dve zglobne površine, od kojih je jedna ispupčena (konveksna) a druga udubljena (konkavna). Zglobne površine su pokrivene zglobnom hrskavicom (sl. 1.9). To je hijalina hrskavica, koja gradi čitav kostur embriona. Zglobna hrskavica (*cartilago articularis*) izrazito je glatka, sjajna i vlažna, što omogućava laku pokretljivost zglobnih i međuzglobnih površina. Debljina zglobne hrskavice u direktnoj je srazmeri sa pritiskom kome je izložena u zglobu i iznosi u proseku 3-5 mm. Zglobna hrskavica je izložena potresima i zahvaljujući svojoj velikoj elastičnosti ublažuje ih i štiti zglobne površine od povreda. Specifičnost zglobne hrskavice ogleda se u raspodeli kolagenih vlakana.



Sl. 1.8. - Šematski prikaz pravog zgloba (uzdužni presek): F - *femur*, T - *tibia*, P - *patella*, 1 - zglobna čahura, 2 - sinovijalna membrana, 3 - fibrozna membrana, 4 - zglobna površina, 5 - zglobna šupljina



Sl. 1.9. - Zglobna hrskavica: A) građa zglobne hrskavice; B) šematski prikaz vlakana zglobne hrskavice; C) šematski prikaz ponašanja hrskavice pri opterećenju (punom linijom označena je neopterećena zglobna hrskavica a isprekidanom linijom označena je opterećena zglobna hrskavica)



Grupa autora

/ 18 /

Utvrđeno je da su kolagena vlakna u hrskavici raspoređena u tri sloja: u *površinskom sloju* vlakna su postavljena paralelno sa zglobnom površinom, u *srednjem sloju* vlakna su raspoređena lučno, a u *dubokom sloju* vlakna se pružaju uspravno u odnosu na zglobnu površinu i završavaju se u jednoj uzanoj zoni okoštale hrskavice, koja povezuje tu hrskavicu sa kosti. Čelije su smeštene između kolagenih vlakana u uzdužnim redovima. Paralelna ili tangencijalna vlakna površinskog sloja postavljena su u smeru istezanja, koja se javljaju u zglobu pri pokretu i prenošenju pritiska. Lučna vlakna su u vidu lukova – arkada i ona, zahvaljujući velikoj elastičnosti, vraćaju zglobnoj hrskavici prvobitni oblik.

Pod pritiskom, zglobna hrskavica se ugiba, usled čega se međusobni dodir zglobnih površina povećava, a pritisak raspoređuje na veću površinu. Po prestanku delovanja pritiska zglobna hrskavica dobija prvobitni oblik. Zglobna hrskavica nema ni krvnih sudova ni živaca.

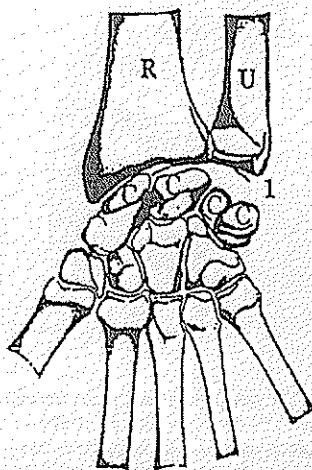
2. Zglobna čahura (*capsula articularis*) jeste vezivna membrana koja spaja zglobne elemente i istovremeno ih odvaja od okolne sredine. Zglobna čahura se sastoji iz dve opne – spoljašnje i unutrašnje.

Spoljašnja ili fibrozna opna zglobne čahure (*membrana fibrosa*) izgrađena je od zbijenog vezivnog tkiva, čija vlakna prodiru u perist gde se čahura drži za kost. Fibrozna membrana može biti različite debljine i zategnutosti, što uslovljava veću ili manju pokretljivost zgloba. Kako fibrozna opna daje zglobnoj čahuri čvrstinu i elastičnost, raspored kolagenih vlakana u ovoj opni zavisi od delovanja mehaničkih sila. Kolagena vlakna su raspoređena u dva sloja. U površnom sloju vlakna su uzdužno postavljena i upravljena u pravcu istezanja. U dubokom sloju vlakna su poprečna i kosa i suprotstavljaju se pritisku zglobnih delova pri pokretu u zglobu.

Unutrašnja ili sinovijalna opna zglobne čahure (*membrana synovialis*) tanka je i glatka i obavezna u svim delovima zglobne šupljine. Ona je građena od rastresitog vezivnog tkiva u kome se nalazi obilje krvnih sudova i živaca.

Na unutrašnjoj površini sinovijalne opne, prema zglobnoj šupljini, vide se sitni rešasti nastavci (*villi synoviales*), koji u sebi sadrže krvne sudove, živce i masno tkivo. Sinovijalna opna gradi nabore (*plicae synoviales*), luči bistru tečnost nazvanu sinovija (*synovia*), koja vlaži zglobne površine i omogućava njihovo klizanje i pokretljivost.

Zglobna šupljina (*cavitas articularis*) jeste kapilarna pukotina između zglobnih površina, zatvorena zglobnom čahuricom, i ispunjena malom količinom sinovije. U zglobnoj šupljini vlada negativan pritisak koji predstavlja jedan od faktora koji osiguravaju kontakt između zglobnih površina.

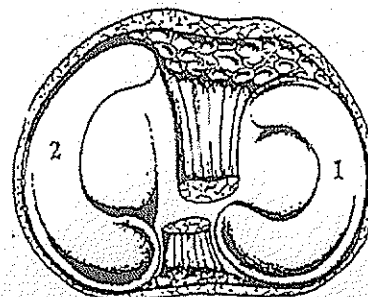


Slika 1.10. – Zglobni kolut (*discus articularis*).
R – radius, U – ulna, C – kosti ručja, 1 – zglobni kolut



Kineziologija

/ 19 /



Slika 1.11. – Meniskus (*meniscus articularis*), zglob kolena. Gornja površina tibije sa meniskusima: 1 – spoljašnji meniskus, 2 – unutrašnji meniskus

Osim opisanih glavnih delova zgloba, koji su uvek prisutni, mnogi zglobovi imaju posebne ili sporedne tvorevine, kao što su a) vezivno-hrskavične tvorevine, b) zglobne veze i c) zglobni mišići.

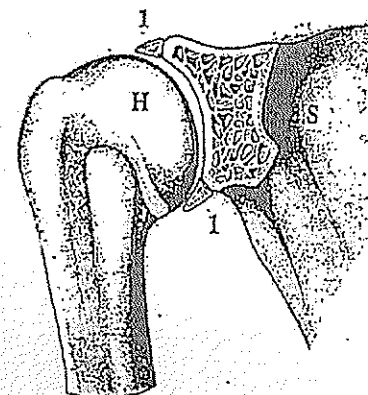
a) Vezivno-hrskavične tvorevine su:

– zglobni kolut (*discus articularis*), koji predstavlja hrskavičnu ploču, umetnutu između zglobnih površina (sl. 1.10, ručni zglob). Obodnom ivicom pripojen je za zglobnu čahuru i deli zglobnu šupljinu na dva dela:

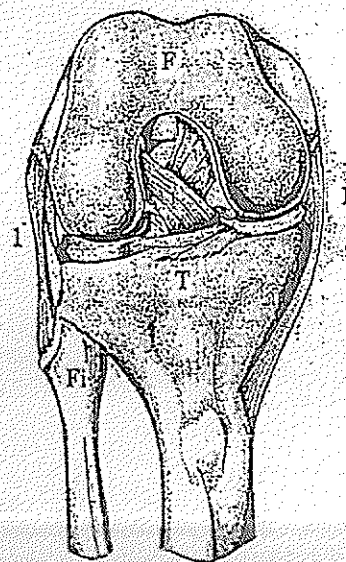
– meniskus (*meniscus articularis*), tvorevina u obliku srpa, a na poprečnom preseku trouglastog oblika (sl. 1.11 – zglob kolena). Meniskusima delimično odvajaju zglobne površine. Na meniskusima se razlikuje središnji deo ili telo i krajevi ili rogovi;

– čašična usna (*labrum articulare*), tvorevina u obliku prstena koja se nalazi na konkavnoj zglobnoj površini (sl. 1.12 – zglob ramena i kuka). Na preseku je takođe trouglastog oblika.

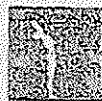
b) Zglobne veze (*ligamenta*) osiguravaju kontakt zglobnih tela, ograničavaju od-



Slika 1.12. – Čašična usna (*labrum articularis*), zglob ramena: S – scapula, H – humerus, 1 – čašična usna



Slika 1.13. – Zglobne veze (*ligamenta*), zglob kolena: F – femur, T – tibia, Fi – fibula, 1 – zglobne veze kolena



redene pokrete ili ih u potpunosti onemogućavaju (sl. 1.13). Mogu biti površno i duboko postavljene.

U prvom slučaju to su zadebljanja zglobne čahure u vidu traka ili snopova ili pak, veze koje leže izvan čahure, u njenoj neposrednoj blizini (npr. vilični zglob). U drugom slučaju veze leže u dubini zgloba (npr. zglob kolena).

c) Zglobni mišići (*musculi articulares*) potiču od vlakana susednih mišića. Oni se pripajaju na zglobnoj čahuri, a uloga im je da prilikom pokreta povlače čahuru i time sprečavaju njeno uklještenje među zglobnim telima.

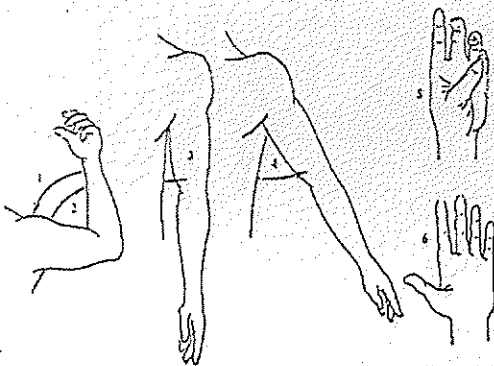
VRSTE POKRETA U ZGLOBOVIMA

U zglobovima se vrše različiti i često složeni pokreti, koji se mogu svesti na nekoliko osnovnih oblika.

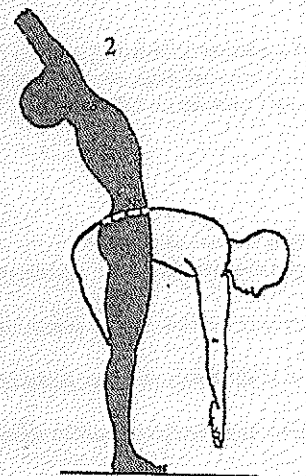
Klizanje. – To je najjednostavniji oblik kretanja u zglobu. Skoro ravna zglobna površina klizi po drugoj zglobnoj površini. Primer: klizanje ili pokret između zglobnih nastavaka vratnih pršljenova.

Ugaoni pokreti (sl. 1.14). – 1) Ako se dve kosti koje međusobno zatvaraju ugao pomiču tako da se suprotni krajevi kostiju međusobno približavaju, ugao se smanjuje; taj pokret se zove savijanje (*flexio*). 2) Obrnuti pokret, pri kojem se suprotni krajevi kostiju međusobno udaljavaju, a ugao se među kostima povećava, naziva se opružanje (*extensio*). 3) Ako se ekstremitet ili deo ekstremiteta (jedan segment) odmiče od trupa, govori se o odmicanju (*abductio*). 4) Obrnuti pokret, koji obezbeđuje približavanje ekstremiteta ili samo nekih segmenata trupu, naziva se primicanje (*adductio*). 5) Na šaci postoje posebni pokreti primicanja prstiju. Ako se palac primiče malom prstu i ostalim tročlanim prstima šake, govori se o opoziciji (*opositio*). 6) Ako se palac odmiče od malog prsta, govori se o pokretu repozicije (*repositio*).

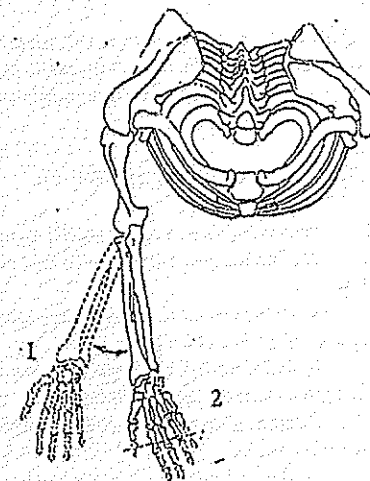
Ako se ceo ispružen ekstremitet podiže napred, govori se o savijanju (fleksiji), a ako se zabacuje unazad, to je opružanje (ekstenzija).



Slika 1.14. – Osnovni ugaoni pokreti:
1 – fleksija, 2 – ekstenzija,
3 – addukcija, 4 – abdukcija,
5 – opozicija, 6 – repozicija



Slika 1.15. – Pokreti trupa: 1 – antefleksija,
2 – retrofleksija



Slika 1.16 – Rotacija: 1 – spoljašnja,
2 – unutrašnja (grudni koš i ruku – pogled odozgo)

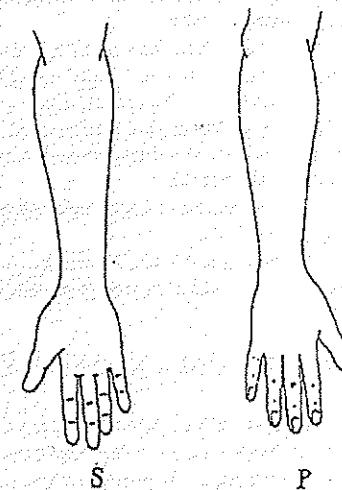
Savijanje trupa napred zove se antefleksija (*anteflexio*); obrnuti pokret je opružanje trupa (*retroflexio*) (sl. 1.15).

Kružni pokreti u zglobu. Ovi pokreti mogu se izvaliti jednostavnim obrtanjem ili složenim pokretom kruženja (sl. 1.16).

1) Obrtanje (*rotatio*) je pokret kosti ili dela tela unutra ili spolja, te se govori o rotaciji prema spolja (spoljašnja rotacija) ili o rotaciji prema unutra (unutrašnja rotacija).

2) Kruženje (*circumductio*) je složen pokret pri kome se pokretni deo kosti, deo tela ili ekstremiteta kreće po zidu zamišljene kupe čiji vrh leži u zglobu, gde se pokret i izvodi, dok drugi, slobodni kraj opisuje bazu kupe. Na primer, ispružena ruka u ramenom zglobu vrhovima prstiju opisuje bazu kupe, a ispruženi deo ruke kreće se po zidu zamišljene kupe čiji vrh odgovara središtu ramenog zgloba.

Na podlaktici postoje dva posebna pokreta, koji se razlikuju po međusobnim polo-



Slika 1.17. – Pokreti podlaktice: S – supinacija,
P – pronacija



Grupa autora
1221

žajima kostiju podlaktice. Ako se dlan okreće unazad a palac usmeri unutra, taj pokret se naziva pronacija (*pronatio*). Ako se dlan okreće unapred a palac usmeri spolja, obe kosti podlaktice postavljene su paralelno. Taj pokret se naziva supinacija (*supinatio*) (sl. 1.17).

PODELA POKRETNIH ZGLOBOVA

Pokretni zglobovi mogu se podeliti sa morfološkog i funkcionalnog aspekta.

Morfološki, prema broju kostiju koje učestvuju u njegovom formiranju, zglobovi mogu biti:

a) jednostavni (*articulatio simplex*), kada ih čine samo dve kosti, to je na primer, rameni zglob, koji grade lopatica i ramena;

b) složeni (*articulatio composita*), kada ih čine tri ili više kostiju, na primer, lakatni zglob, koji grade ramena, lakatna i žbica kost.

Zglobovi se dele i prema obliku zglobnih površina, koje uslovljavaju različitu mehaniku kretanja u zglobu.

Pravilno zakrivljene konveksne zglobne površine odgovaraju delovima površina raznih rotacionih tela. Prema tome, i zglobna tela sa takvim površinama odgovaraju rotacionim telima kao što su kugla (nastaje rotacijom kruga oko njegovog prečnika), elipsoid (nastaje rotacijom elipse oko njene duže ose) ili valjak (nastaje rotacijom pravougaonika oko jedne njegove stranice) i mogu se sa njima lako upoređivati. I ravna površina se može shvatiti kao deo površine kugle sa ogromnim prečnikom.

Međutim, zakrivljenost zglobnih površina nije geometrijski potpuno pravilna. Nasuprot tome, zglobne hrskavice, zahvaljujući svojoj konzistenciji, tj. gradi, prilikom izvođenja pokreta ostaju u kontaktu sa velikim površinama, čime se postiže povoljna raspodela sile pritiska koja se preko zgloba prenosi sa jedne kosti na drugu. Pokreti u zglobovima nisu istog obima pa se, prema tome, razlikuju: a) slobodni zglobovi, u kojima je moguća velika pokretljivost, i b) zglobovi sa malom pokretljivošću.

Podela zglobova sa funkcionalnog aspekta je podela prema broju osovine oko kojih se mogu vršiti pokreti.

Osovina zgloba je zamišljena linija oko koje se vrše pokreti između zglobnih površina. Osovinu zgloba treba razlikovati od osovine dugih kostiju.

OSOvine I RAVNI U KOJIMA SE IZVODI POKRET U ZGLOBU

Pri opisu oblika i grade tela, ono se uvek zamišlja u uspravnom stavu, dok su ruke opružene i prislonjene uz trup, sa dlanovima okrenutim uz telo, a noge opružene i paralelne jedna sa drugom, kao i stopala. To je orijentacioni, standardni ili početni položaj tela (sl. 1.19).

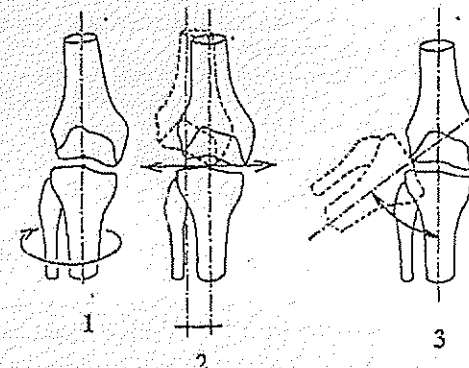
Nezavisno od broja kostiju i oblika zglobnih površina koje učestvuju u ostvarivanju pokreta, treba imati na umu načine kretanja zglobnih površina u toku pokreta. To su (sl. 1.18):

– valjanje, kretanje zglobnih površina kotrljanjem, slično kretanju dva valjka ili zupčanika koji se međusobno dodiruju i pri pokretanju uslovljavaju kretanje drugog.



Kineziologija
1231

Slika 1.18. – Načini kretanja zglobnih površina: 1 – rotiranje, 2 – klizanje, 3 – valjanje



– klizanje, kretanje zglobnih površina klizanjem jedne preko druge. Jedna zglobna površina je nepokretna, a druga uvek istim svojim delom dodiruje razne delove druge nepokretne zglobne površine;

– rotiranje, kretanje zglobnih površina pri kome je jedna nepokretna a druga se kružno kreće oko uzdužne osovine kosti kojoj pripada.

S obzirom na oblik zglobnih površina, u zglobu se ostvaruje jedan od navedenih načina kretanja. Međutim, u većini zglobova nailazi se na kombinaciju navedenih načina. Na primer, spuštanje donje vilice je složen pokret koji započinje klizanjem, a završava se obrtanjem vilične glave. U kolennom zglobu je zastupljeno valjanje, kao i rotacija kada je zglob u fleksiji.

Zglobovi pokazuju normalnu ili fiziološku pokretljivost, koja je uslovljena anatomskom gradom zglobnih površina. Za svaki zglob postoje određene individualne karakteristike koje određuju amplitudu pokreta.

Aktivna pokretljivost zglobova predstavlja pokret koji se izvodi bez ikakve tuđe pomoći, snagom sopstvenih mišića. Ovi pokreti su manjeg obima od tzv. pasivne pokretljivosti.

Polpomognuta pokretljivost zgloba je oblik aktivne pokretljivosti u slučaju kada je snaga sopstvenih mišića nedovoljna za izvođenje pokreta pod normalnim uslovima delovanja sile zemljine teže. Da bi se pokret u potpunosti izveo, neophodan je položaj ili neka spoljna sila koji će omogućiti izvođenje pokreta.

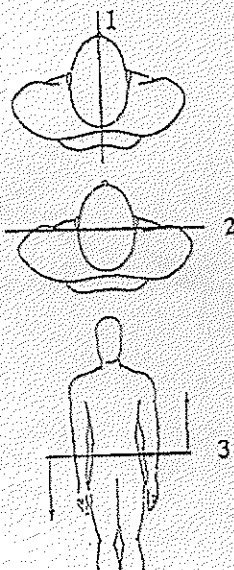
Pasivna pokretljivost zgloba podrazumeva pokretljivost koja se izvodi bez učestva sopstvenih mišića, rukom terapeuta ili rukom



Slika 1.19. – Standardni položaj tela



Grupa autora
/ 24 /



Slika 1.20. – Glavne ravní u telu: 1 – središnja ravan, 2 – frontalna ili čelona ravan, 3 – horizontalna ili transverzalna ravan

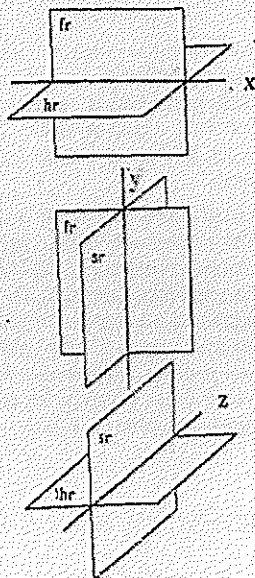
sa zdrave strane tela. Pasivna pokretljivost daje uvid u mehaničku pokretljivost zgloba, jer jedan zglob može biti pasivno uredno pokretan ali se ne može aktivno pokretati (zbog paralize pojedinih mišića).

Radi određivanja prostornih odnosa u organizmu, položaja i smjera pojedinih organa i njihovih delova u telu, a zbog kratkog i nedvosmislenog obeležavanja, ustanovljene su glavne ravní u telu na koje se te oznake odnose. Tako postoji (sl. 1.20):

1) *središnja ravan* ili *medijana*, koja prolazi sredinom tela, od spreda unazad, i deli telo na dve simetrične polovine, zbog čega se još naziva ravan simetrije. To je vertikalna, uspravna ravan. Na nju se odnose oznake medijalno (unutra), kada se deo tela nalazi bliže ovoj ravní, ili lateralno (spolja), kada deo tela leži dalje od nje;

2) *frontalna* ili *čelona ravan* je vertikalna kao i prethodna. Ona ide zdesna nalevo i paralelna je sa čelom, otuda joj i naziv. Na nju se odnose oznake anterior (napred) i posterior (nazad), u zavisnosti od toga da li se deo tela nalazi ispred ili iza ove ravní;

3) *horizontalna, transverzalna, poprečna* ili *vodoravna ravan* su sinonimi za ravan koju, pri uspravnom stavu, seče telo u vodoravnom smeru. Na ovu ravan odnose se oznake superior – iznad ravní (gore) i inferior – ispod ravní (dole).



Slika 1.21. – Osovine glavnih ravní: x osa, y osa, z osa, hr – horizontalna ravan, fr – frontalna ravan, sr – sagitalna ravan



Kineziologija
/ 25 /

Kako je telo trodimenzionalno, za orijentaciju su potrebne tri ravní, ali i tri osovine koje se, kao i ravní, međusobno seku pod pravim uglom (sl. 1.21):

1) osovina ili osa x – linija u kojoj se seku frontalna i horizontalna ravan. Odgovara joj i naziv poprečna ili transverzalna osa;

2) osovina ili osa y – linija u kojoj se seku sagitalna i frontalna ravan. Odgovara joj i naziv uzdužna osovina tela ili vertikalna osa, a naziva se i kraniokaudalna osa (*cranium* – lobanja, *cauda* – rep);

3) osovina ili osa z – linija u kojoj se seku horizontalna i sagitalna ravan.

Ose x, y i z deo su koordinatnog sistema kojim se određuje položaj tela u ravni ili u prostoru. Naime, koordinatni (ortogonalni) sistem određen je sa dve koordinatne osovine: x i y (sl. 1.22). Osa x je postavljena horizontalno, dok je osa y vertikalna. Ove ose se međusobno seku pod uglom od 90 stepeni, tj. ortogonalno. Tačka u kojoj se seku i nastavljaju naziva se koordinatni početak. Kada se ovakvom koordinatnom sistemu, koji se sastoji iz dve osovine u jednoj ravni i koji se zato naziva *koordinatni sistem u ravni* (sl. 1.22, a), doda osa z on postaje trodimenzionalan i dobija naziv *koordinatni sistem u prostoru* (sl. 1.22, b). Osa z polazi od istog koordinatnog početka i postavljena je pod pravim uglom i na osu x i na osu y.

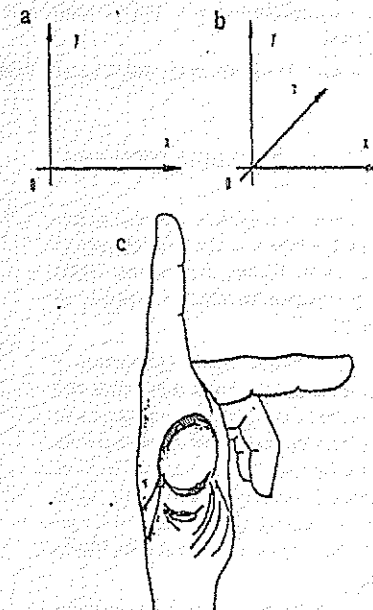
Koordinatni sistem u prostoru može se demonstrirati sa tri prva prsta desne ili leve šake: palac u maksimalnoj abdukciji (y-osa), kažiprst u maksimalnoj ekstenziji (z-osa) i treći prst savijen u celini prema dlanu (x-osa). Prsti – ose moraju biti međusobno pod uglom od 90 stepeni.

Svaka od navedenih ravní koristi se za određivanje položaja ili pokreta delova tela. Međutim, da bi se ravan definisala, ona se određuje sa dve osovine koje leže u njoj (njena sopstvena osovina i osovina ravni sa kojom se seče):

- frontalna ravan određena je x- i y-osom,
- sagitalna ravan određena je y- i z-osom,
- horizontalna ravan određena je x- i z-osom.

U navedenim ravnima vrši se kretanje segmenata ili celog tela:

– u *frontalnoj ravni* – pokreti udaljavanja od ravní simetrije (odvođenje – privođenje);



Slika 1.22. – a) Koordinatni sistem u ravni: x – osa x, y – osa y, o – koordinatni početak, b) koordinatni sistem u prostoru: x – osa x, y – osa y, z – osa z, c) prsti šake u položaju koordinatnog sistema u prostoru



Grupa autora
1261

– u *sagitalnoj ravni* – pokreti udaljavanja segmenata iz frontalne ravni (savijanje – opružanje) i

– u *horizontalnoj ravni* – pokreti unutar same ravni (horizontalna abdukcija i adukcija).

ZGLOBOVI SA JEDNOM OSOVINOM

Zglobovi sa jednom osovinom su spojevi kostiju koje se mogu pokretati samo u jednoj ravni. Postoje dva osnovna oblika zgloba sa jednom osovinom – valjkasti i točkasti (sl. 1.23).

1) Valjkasti zglob (*ginglymus*). – Konveksna zglobna površina ima oblik valjka i postavljena je pod pravim uglom na uzdužnu osovinu kosti. Osovina valjka predstavlja ujedno i osu kretanja oko koje se izvodi savijanje i opružanje. Zglob obično osiguravaju i dobro razvijene bočne veze (na primer, lakatni zglob, zglobovi između članaka prstiju).

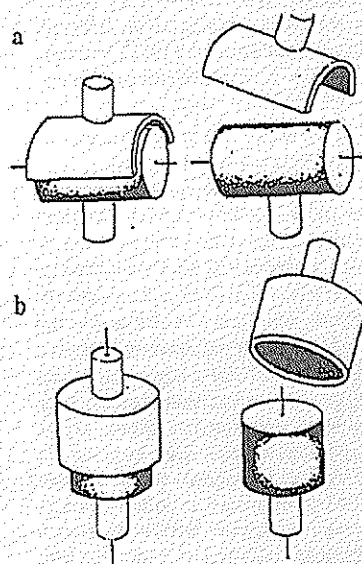
2) Točkasti zglob (*articulatio trochoidea*). – Ovaj zglob je spoj u kojem su zglobna tela postavljena u smeru uzdužne osovine kostiju. Konveksna zglobna površina je u vidu valjka koji se naslavlja na uzdužnu osovinu kosti. Konkavna, udubljena zglobna površina je u vidu šupljeg valjka koji obuhvata konveksnu, ispupčenu zglobnu površinu. Osovina zgloba prolazi uzdužno kroz konveksnu zglobnu površinu u smeru uzdužne osovine kosti. Otuda je u ovom zglobu moguće samo *obrtanje* (rotacija) (na primer, gornji zglob žbica i lakatne kosti).

Postoje i složeni oblici zgloba sa jednom osovinom, gde su zastupljene obe vrste zgloba, na primer, lakatni zglob.

ZGLOBOVI SA DVE OSOVINE

Zglobovi sa dve osovine su spojevi između kostiju, gde su mogući pokreti u dve ravni. Postoje dva osnovna oblika ovih zglobova – jajasti i sedlasti (sl. 1.24).

Jajasti zglob (*articulatio ellipsoidea*) jeste spoj gde je konveksno zglobno telo oblika jajeta, a konkavno udubljeni otisak ispupčenog zglobnog tela. Obe osovine jajolikih zglobnih tela



Slika 1.23. – Zglobovi sa jednom osovinom:
a) valjkasti zglob, b) točkasti zglob



Kineziologija
1271

postavljene su pod pravim uglom. Duža osovinu prolazi dužim prečnikom, a kraća kraćim prečnikom konveksnog zglobnog tela. Ovo govori da su mogući svi *pokreti* i *inverz* obrtanja (na primer, ručni zglob i gornji zglob glave).

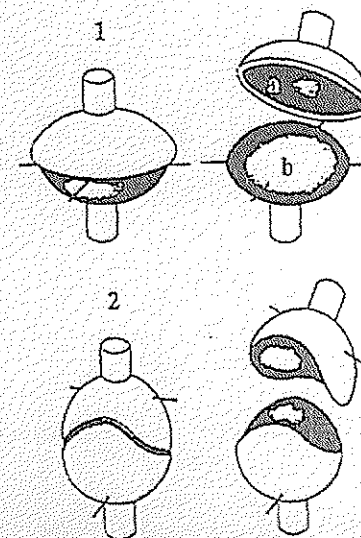
Sedlasti zglob (*articulatio sellaris*) jeste zglob u kome obe zglobne površine imaju oblik sedla, ispupčene su i udubljene u suprotnim smerovima. Osovine zgloba prolaze kroz oba zavoja i postavljene su jedna na drugu pod pravim uglom. U ovom zglobu su mogući svi pokreti i cirkumdukcija (kružni pokret), a nemoguća je rotacija (na primer, karpometakarpalni zglob palca šake).

ZGLOBOVI SA VIŠE OSOVINA

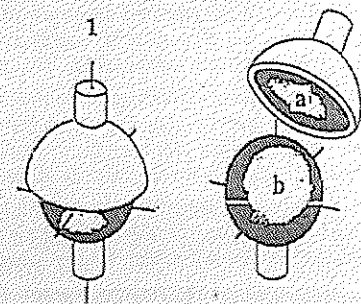
Zglobovi sa više osovine omogućuju pokrete u sve tri ravni. Po obliku se dele na kuglaste i zdelaste (sl. 1.25).

Kuglasti zglob (*articulatio spheroida*) ima konveksno zglobno telo u obliku kugle ili dela kugle. Konkavno zglobno telo je deo šuplje kugle, ali je obično manje površine nego konveksno telo. Pokretljivost je veća ukoliko je konveksno zglobno telo veće, a konkavna zglobna površina manja. U zglobu su mogući svi pokreti. Center zgloba se još naziva obrtna tačka (na primer, rameni zglob).

Zdelasti zglob (*articulatio cotylica*) ima zglobne površine kao i preludni zglob, samo što konkavno zglobno telo obuhvata više od polovine kugle konveksne zglobne površine. Ovo je značajno za obim pokreta, koji je u ovom zglobu ograničen. Oko obrtne tačke mogu se vršiti svi pokreti ali su oni manje amplitude (na primer, zglob kuka).



Slika 1.24. – Zglobovi sa dve osovine: 1 – jajasti zglob, a – konkavno zglobno telo, b – konveksno zglobno telo, 2 – sedlasti zglob



Slika 1.25. – Zglob sa više osovine: 1 – kuglasti zglob, a – udubljena (konkavna) zglobna površina, b – ispupčena (konveksna) zglobna površina

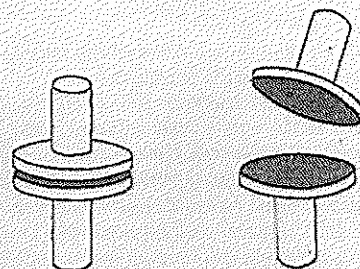


Grupa autora

/28/

ZGLOBOVI SA MALOM POKRETLJIVOSTU

Zglobovi sa malom pokretljivošću se još zovu ravni zglobovi (*articulationes planae*) ili amfiartroze (sl. 1.26). Zglobna čahura je pojačana čvrstim vezama. Od pokreta je moguće samo klizanje jedne zglobne površine po drugoj (na primer, sakroilijačni zglobovi).



Slika 1.26. – Zglob sa malom pokretljivošću

FIZIOLOŠKI I FUNKCIONALNI POLOŽAJ ZGLOBOVA

Osnovna karakteristika pravih zglobova je mogućnost izvođenja pokreta. Pokretni zglobovi, iako predstavljaju pasivni deo lokomotornog aparata, jesu centri pokreta i omogućavaju pokretljivost i delova tela i celog tela u raznim pravcima. Međutim, krajnje izveden pokret, (savijanje – opružanje, odvođenje – privođenje i dr.) ima za posledicu angažovanje mekih struktura koje ulaze u sastav zgloba, a istovremeno mu obezbeđuju čvrstinu. Zglobna čahura i zglobne veze koje obezbeđuju čvrstinu zgloba, a nazivaju se još i *pasivni stabilizatori* zgloba, pri ovakvim pokretima se istežu ili skraćuju. Mišići koji se pripajaju na tom zglobu ili svojim tetivama samo prelaze preko njega takođe obezbeđuju stabilnost zgloba i nazivaju se *aktivnim stabilizatorima*. U toku pokreta ovi mišići se maksimalno približavaju svojim pripojima ili se udaljavaju od njih.

Nasuprot ovom stanju, položaj koji zglob zauzima aktivnošću mišića koji ga okružuju ili se na njemu pripajaju i položaj u kome nijedan deo zglobne čahure nije zategnut naziva se *fiziološki ili srednji položaj zgloba*. U tom položaju se jedno zglobno telo može najviše udaljiti od drugog, što se posebno dobro zapaža kod upale zgloba sa tečnim sadržajem u zglobnoj šupljini. Bolesnik nesvesno drži zglob u srednjem ili fiziološkom položaju jer tada zglobna šupljina ima najveću zapreminu, a tečni sadržaj najmanje pritiska čahuru, pa su i tegobe – bolovi najmanji. Na primer, srednji položaj za rameni zglob jeste kada ruka stoji u položaju antefleksije i polu(semi) abdukcije.

Srednji ili fiziološki položaj je najudobniji položaj i služi za odmaranje.

Nasuprot položaju koji zglob zauzima voljnom aktivnošću sopstvenih mišića, položaj u koji se zglob dovodi nekom spoljašnjom silom privremeno ili trajno predstavlja *funkcionalni položaj zgloba*. U slučajevima preloma, koji zahtevaju dugotrajnu imobilizaciju, ili u slučajevima trajnog ukočenja zglob se postavlja u funkcionalan položaj i pod uglom koji će najbolje odgovarati funkciji koju će ubuduće obavljati pod izmenjenim uslovima – bez pokreta.

Funkcionalan položaj nije isti za svaki zglob. Ovaj položaj se utvrđuje i za svaku osobu posebno, pri čemu se uzimaju u obzir godine starosti, pol, zanimanje, aktivnost svakodnevnog života, estetski elementi i dr.



Kineziologija

/29/

Mišići

Mišić (*musculus*) je organ koji poseduje tri osnovna fiziološka svojstva – kontraktilnost, elastičnost i nadražljivost. Kontraktilnost je sposobnost mišića da se grči pod dejstvom draži, a po njenom prestanku da se opušta. Elastičnosti mišića dozvoljava njegovo istezanje, posle čega se mišić vraća na prvobitnu dužinu.

Posledica kontrakcije i relaksacije mišićnih vlakana je izvođenje pokreta, što omogućuje menjanje mesta ili položaja, kao i međusobnog položaja organa i delova tela, čime se obavlja rad.

Svoju funkciju mišićne ćelije ostvaruju preko mišićnih vlakana ili miofilamenata koji se nalaze u citoplazmi (sarkoplazmi). Mišićne ćelije ili mišićna vlakna izgrađuju mišićno tkivo. Pri tome su ćelije međusobno povezane vezivnim tkivom, kroz koje prolaze krvni sudovi i živci.

Svi mišići se prema svom izgledu, gradi i funkcionalnim osobinama dele na glatke, poprečno-prugaste i srčani mišić.

GLATKO MIŠIĆNO TKIVO

Glatko mišićno tkivo izgrađuje uglavnom slojeve u zidovima šupljih organa, krvnih i limfnih sudova. Ovo tkivo se nalazi u organima u kojima su pokreti spori i slabi, automatski, bez uticaja volje. Glatko mišićno tkivo sastoji se iz dugačkih vretenastih ćelija, sa dugačkim i ovalnim jedrom u njihovoj sredini i sa slabo razvijenim sarkoplazmatičnim retikulumom (sl. 1.27).

Dokazano je postojanje kontraktilnih proteina – aktina, miozina i tropomiozina, koji su razbacani po ćeliji. Međutim, postoje mesta – čvorišta ili fiksne tačke – na kojima se susreću i spajaju pojedina vlakna proteina. Između glatkih mišićnih ćelija je uzani prostor ispunjen kolagenim i elastičnim vlaknima.

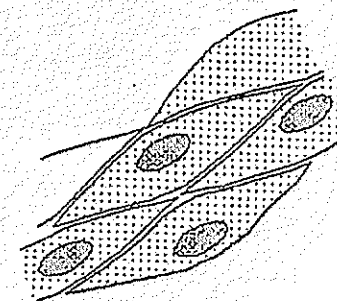
Postoje dva tipa glatkih mišića – visceralni i višejedinični.

Visceralni tip karakterišu velike grupe ćelija, međusobno povezane po principu mostova (engl. tight junctions – mesta bliskog spoja). Impulsi se prenose sa ćelije na ćeliju, tako da ne mora svaka ćelija biti direktno inervisana. Ovakav tip ćelija nalazi se prvenstveno u zidovima šupljih unutrašnjih organa (creva, materica, mokraćovod).

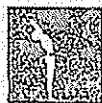
Višejedinični tip mišića sastavljen je iz pojedinačnih ćelija koje nemaju međusobne veze. Ovaj tip mišića nalazi se u oku (mišići koji sužavaju i šire zenicu), gde obezbeđuje fine pokrete i dozirane kontrakcije.

Kao što je već rečeno, jedna osobina glatkih mišića je spora kontrakcija, a druga plastičnost, što se ogleda u odnosu njihove dužine i pritiska.

Ako se mišić istegne, na trenutak će porasti pritisak u njegovim vlaknima. Međutim, posle izvesnog vremena pritisak se sma-



Slika 1.27. – Glatka mišićna ćelija



Grupa autora
1301

njuje i vraća na raniju vrednost. Ova pojava je veoma značajna prilikom punjenja šupljih organa. Šuplji organi se pri punjenju duže vremena istežu a da pritisak značajno ne raste. Najzad, posle dostizanja maksimuma plastičnog istezanja, pritisak počinje naglo da raste. To obično izaziva kontrakcije i pražnjenje ovih organa.

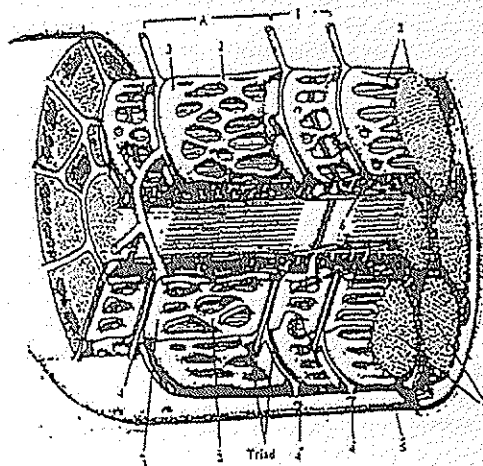
Glatki mišići su inervisani granama vegetativnog nervnog sistema, što znači da čovek najčešće nije svestan njihove aktivnosti niti na nju može voljno da utiče. Neki mišići su inervisani samo preko simpatikusa ili parasimpatikusa.

POPREČNO-PRUGASTO MIŠIĆNO TKIVO

Poprečno-prugasto ili skeletno mišićno tkivo izgrađeno je od paralelno postavljenih i vrlo dugačkih skeletnih mišićnih vlakana. Njihova dužina može biti od nekoliko milimetara do 12 i više centimetara. Za ovo tkivo karakteristične su tamne i svetle poprečne pruge koje se pravilno smenjuju, a vidljive su pod mikroskopom, na poprečnom preseku vlakana. Na površini vlakna vidi se tanka ovojnica – sarkolema. Unutar sarkoleme je citoplazma (ili sarkoplazma) sa mnogobrojnim miofibrilama i ćelijskim organelama. Sasvim na periferiji ćelije nalaze se jedra koja su ovalnog oblika.

Miofibrile su citoplazmatske tvorevine odgovorne za proces kontrakcije i relaksacije. One su postavljene paralelno i uzdužno u samoj ćeliji i pokazuju poprečnu ispruganost: tamnu, anizotropnu ili A prugu, i svetlu, izotropnu ili I prugu. U I prugi zapaža se tamna crta, tzv. Z linija. Razmak između susednih Z linija je sarkomera, koja predstavlja kontraktilnu jedinicu. Ni A pruga nije homogena već po sredini pokazuje svetlu ili H zonu.

U visini svake sarkomere uvlači se sarkolema u obliku kanalića koji ulazi u vlakno i grana se (sl. 1.28). Ogranci ovih kanalića pružaju se poprečno i okružuju svaku miofibrilu. Ovaj sistem



Slika 1.28. – Uzdužni i poprečni presek skeletnog mišićnog sisara: 1 – miofibrile, 2 – sarkoplazmatični retikulum, 3 – terminalne cisterne, 4 – transverzalni tubuli, 5 – bazalna lamina, 6 – mitohondrije, A – A pruga, I – I pruga (šematski prikaz potiče iz knjige Krstić RV, *Ultrastructure of the mammalian cell*, 1979)



Kineziologija
1311

poprečnih kanalića koji vlaknu dovodi materije iz međućelijskog prostora, naziva se sistem transverzalnih tubula ili, kraće, T tubuli.

Ovaj sistem takođe prenosi nadražaj za kontrakciju sa površine vlakna na svako vlakance. Osim T tubula, u visini svake sarkomere, nalazi se i sarkoplazmatski retikulum, koji se sastoji od mreže pljosnatih vreća. Glavna vreća ovog sistema pruža se poprečno i u odnosu je sa T tubulom, preko koga nadražaj prelazi na sarkoplazmatski retikulum i u njemu izaziva hemijske promene (ispušta kalcijum među filamente) koje dovode do kontrakcije.*

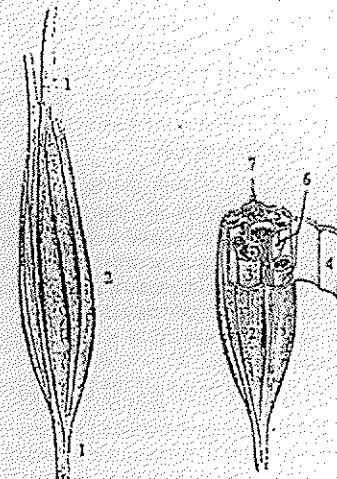
Mišići (*musculi skeleti*) predstavljaju aktivni deo lokomotornog aparata. To su elementi aparata za kretanje koji poseduju vlastitu motoriku. Osnovna uloga im je pomeranje delova tela ili celog tela u određenom pravcu. Ovi pokreti su uglavnom ciljni i pod kontrolom volje. Utvrđene su razlike između pojedinih mišića ove grupe, što je osnova za dalju podelu. Te razlike se odnose na način obezbeđenja energije za kontrakciju. Vlakna čija je energija pretežno oksidativna nazivaju se *crveni mišići* (imaju mnogo mioglobina koji im daje crvenu boju). Ova vlakna imaju sporiju kontrakciju i malo se zamaraju. Nalaze se u posturalnim mišićima, čija je funkcija održavanje položaja ili poze tela. Međutim, vlakna koja imaju anaerobno obezbeđenu energiju su bleđa, imaju brzu kontrakciju i brže se zamaraju, a nazivaju se *bleđi mišići*. Ova vlakna se u većoj meri nalaze u mišićima specijalizovanim za fine pokrete. Težina svih mišića iznosi 42% ukupne težine tela kod prosečnog muškarca i 39% kod žena.

SPOLJNI IZGLED MIŠIĆA

Na svakom mišiću razlikuju se mesnati i tetivni deo (sl. 1.29). Srednji, mesnati deo (*venter*) crvene je boje i pri kontrakciji se skraćuje, dok se na krajevima mišića nalazi tetivni deo (*tendo*) koji je beličasto boje i predstavlja pasivni deo mišića, koji prenosi snagu kontrakcije na skelet.

Prema broju trbuha, mogu se razlikovati *prosti* i *složeni* mišići. Mišići koji se sastoje iz dva ili više trbuha polaze sa različitim mesta a završavaju se jednom završnom tetivom. U odnosu na dimenzije, mogu se podeliti na kratke, duge i pljosnate.

Na krajevima mišića nalaze se tetive kao pasivni deo mišića. Granica između teti-



Slika 1.29. – Spoljni izgled i gradnja skeletnog mišića: 1 – tetiva, 2 – trbuh (*venter*), 3 – unutrašnji perimizijum, 4 – spoljašnji perimizijum, 5 – snop mišićnih vlakana, 6 – krvni sud, 7 – miofibrile

* Detaljnije o građi i inervaciji skeletnih mišića kao i o mehanizmu mišićne kontrakcije u sledećim poglavljima.



Grupa autora

/ 32 /

ve i mišića je neravna. Mišićna vlakna se priključuju tetivi pod različitim uglovima, što uslovljava efekat rada mišića.

Početni pripoj je bliži sredini mišićnog tela i predstavlja nepomični pripoj mišića. Na drugom kraju mišića nalazi se pokretni, završni pripoj. Mišići se pripajaju za kost dužim ili kraćim tetivama.

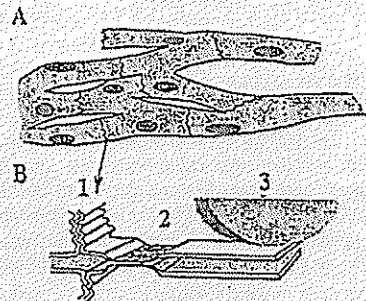
Skeletni mišići su izgrađeni od poprečno-prugastog mišićnog tkiva. Osim mišićnih vlakana, u sastav mišića ulaze i vezivno tkivo, krvni sudovi i živci. Mišićna vlakna se udružuju u mišićni snop. Mišićni snopovi su obavijeni rastresitim vezivnim tkivom (*perimysium externum*), koje odvaja mišić od okolnog tkiva ili drugih mišića i čini ga posebnom anatomskom i funkcionalnom jedinicom.

SRČANO MIŠIĆNO TKIVO

Ovo mišićno tkivo gradi srčani mišić, miokard. Između skeletnog i srčanog mišićnog tkiva postoji velika sličnost. Obe vrste su izgrađene od vlakana koja su poprečno isprugana. Međutim, postoje i značajne razlike i u funkcionalnom i u morfološkom pogledu. U funkcionalnom smislu, srčano mišićno tkivo radi automatski, tj. bez uticaja volje, za razliku od poprečno-prugastog. U morfološkom smislu, između skeletnog i srčanog mišića takođe postoje razlike. Čelije srčanog mišića međusobno su povezane u mrežu preko svojih ograna, dok su vlakna skeletnih mišića međusobno paralelna i nezavisna. Mesto spajanja ograna srčano-mišićnih ćelija je stepeničastog ili crtastog izgleda, a naziva se interkalarni disk (sl. 1.30). Jedra srčanih mišićnih ćelija nalaze se u sredini ćelije. Srčano mišićno tkivo kontrahuje se ritmički ali bez uticaja volje, tj. automatski. Dok skeletni mišići na seriju impulsa odgovaraju složenom kontrakcijom koja se naziva *tetanus*, srčani mišić se kontrahuje pod dejstvom impulsa koji nastaju u njemu samom – u ćelijama tzv. sprovodnog sistema. Ova se pojava naziva *automatizam*. Aktivnost sprovodnog sistema menjaju impulsi koji pristižu u srce preko vegetativnog (autonomnog) nervnog sistema. Impulsi preko simpatikusa ubrzavaju srčani rad (povećavaju frekvenciju, snagu, razdražljivost), dok parasimpatikusni uticaj usporava rad srca.

INERVACIJA MIŠIĆA

Svi skeletni mišići inervisani su granama motornih nerava. Počeci ovih nerava nalaze se na raznim mestima. Tako mišićne glave inervišu nervi koji polaze sa različitih delova moždanog



Slika 1.30. – A) Šematski izgled ćelija miokarda i njihove međusobne veze, B) mesto veze: 1 – zupčasta linija (čvrsti spoj); 2 – neksus (kanali veze); 3 – jedro ćelije.



Kineziologija

/ 33 /

stabla – tzv. motorni kranijalni živci. Mišićne trupa i udova inervišu spinalni motorni nervi. Ovi nervi predstavljaju aksone nervnih ćelija čija se tela nalaze u prednjim rogovima kičmene moždine. Na telima ovih ćelija završava se glavni motorni put organizma (IV poglavlje ovog udžbenika).

Glatke mišićne i srčane mišićne inervišu motorne grane vegetativnih nerava, koje pripadaju autonomnom nervnom sistemu. Nervni koji pripadaju autonomnom sistemu dele se na *parasimpatikusna* i *simpatikusna* vlakna. Osim ovih vlakana, u nekim unutrašnjim organima dokazano je i postojanje posebnih nervnih završetaka, koji nisu u sastavu ni simpatikusa ni parasimpatikusa.

Postoji više razlika između somatskih nerava za skeletnu muskulaturu i autonomnih nerava. Anatomski, kod autonomnih nerava postoji prekid u strukturama koje se nazivaju ganglije. Tako su glatki mišići inervisani postganglijskim vlaknima. Fiziološki, razlika između ovih nerava je u brzini prenosa impulsa. Vlakna autonomnog sistema su tanka, nemijelinska, koja sporije provode impulse. Autonomna vlakna nisu pod uticajem čovekove volje. U nekim organima, kao u srcu, ova dva dela autonomnog nervnog sistema pokazuju suprotne efekte i deluju antagonistički.

NEUROMIŠIĆNA PLOČA

Osnovna osobina svih mišića (srčanog, skeletnih i glatkih) jeste sposobnost da se skraćuju i time obavljaju rad. Skraćivanje mišića je posledica nadražaja koji pristižu motornim nervnim vlaknima. Ta vlakna se završavaju proširenjem koje se naziva *motorna* ili *završna ploča*. Motor-na ploča predstavlja perifernu sinapsu.

Sinapsa se sastoji iz presinaptičke membrane, koju u ovom slučaju predstavlja proširena membrana somatskog motornog nerva. Ta formacija se naziva *završna ploča*. Postsinaptička membrana je deo membrane mišićne ćelije. Između ova dva dela nalazi se sinaptička pukotina. To je veoma uski prostor ispunjen želatinoznom polipeptidnom masom. U presinaptičkom proširenju postoji nagomilana hemijska materija, koja se izlučuje u međusinaptičku pukotinu. Ova materija se naziva *medijator* ili *transmitter*. Na postsinaptičkoj membrani nalaze se posebna mesta, *receptori*, za koja se vezuje deo izlučenog medijatora. Receptori su veliki proteinski molekuli, koji prolaze kroz ćelijsku membranu i preko kojih informacija ulazi u ćeliju.

Ćelijska membrana je sastavljena od lipidnih materija i uopšte ne propušta jone u unutrašnjost ćelije, pa su ovi veliki molekuli specijalni jonski kanali i ujedno i jedini ulazni sistemi za razne jone. Kad se medijator veže, to utiče na promenu konfiguracije ovog proteina, čime se određuje da li će kanal biti otvoren ili zatvoren.

Sinapse mogu biti *ekscitatorne*, kada se prenosi pobuđujući signal, tj. razdraženje, i stvara ekscitatorni postsinaptički potencijal, ili *inhibitorne*, koje prenose kočeći signal i zaustavljaju dalje širenje razdraženja. Na svakoj vrsti sinapsi izlučuje se posebna vrsta hemijske materije (medijatora), koja određuje karakter prenosa informacije kroz sinapsu. Otkrivene su i sinapse sa dve i više materije koje u njima deluju. Nervno-mišićna sinapsa je isključivo ekscitatorna.

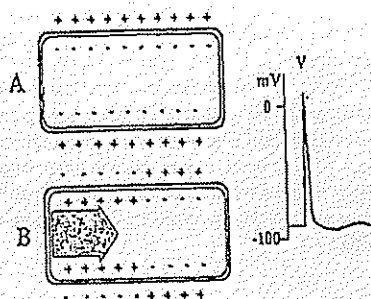
Motorno nervno vlakno pre kontakta sa mišićnim vlaknom gubi svoj mijelinski omotač i deli se na više završnih ploča u kojima su vidljive brojne vezikule transmitera. Ove se vezikule stalno stvaraju. Membrana mišićnog vlakna nabrana je ispod mesta dodira, što uslovljava veću površinu kontakta. Kada iz centralnog nervnog sistema pristigne bioelektrički signal na završetak motornog nerva, on prouzrokuje u njemu otvaranje posebnih jonskih kanala za kalcijum.



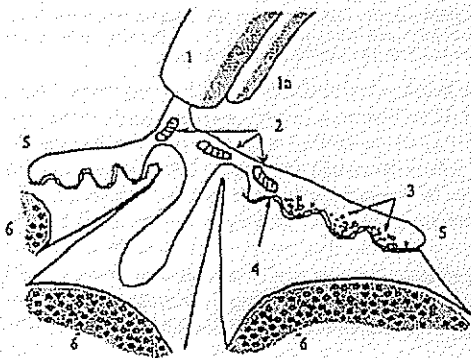
Grupa autora
134

Ulazak Ca^{2+} izazvaće pomeranje vezikula prema presinaptičkoj membrani, njihovo prskanje i izlaz transmitera u sinaptičku pukotinu. Na svim motornim vlaknima skeletne muskulature transmiter je *acetilholin*. Prskanje samo jedne vezikule oslobađa čak 10 000 molekula acetilholina. On se vezuje za posebne receptore, tj. belančevine koje prolaze kroz membranu mišićne ćelije. Ti receptori se nazivaju *nikotinski*, pošto isti efekat otvaranja izaziva i alkaloid nikotin.

Proces vezivanja je trenutni, traje nekoliko milisekundi i izaziva otvaranje jonskih kanala za jon Na, koji ulazi u mišićnu ćeliju. Tako nastaje akcioni potencijal, tj. depolarizacija ćelijske membrane (sl. 1.31). Istovremeno jon kalijuma izlazi iz ćelije. Time se narušava i menja jonski dvosloj na membrani mišićne ćelije. Takođe, menja se i potencijalna razlika između unutrašnje strane membrane i spoljne strane, koja u mirovanju iznosi -90 mV. Ona tada raste do 0 mV ili prelazi u pozitivno područje. Ovaj proces se naziva depolarizacija. Brzina kretanja talasa depolarizacije u skeletnom mišiću je velika i iznosi oko 5 m/s. Tako nastaje masovno ulazanje natrijuma u ćeliju. Trajanje akcionog potencijala je 2-4 milisekunde. Kroz nekoliko milisekundi jonski kanali se zatvaraju i počinje brza eliminacija natrijuma iz mišićnog vlakna aktiviranjem Na-K pumpe, koja troši znatnu količinu energije. U momentu nastanka depolarizacije mišićno vlakno je potpuno nenadraživo. Takvo stanje se naziva *apsolutni refrakterni period*, a traje oko 1-3 milisekunde.



Slika 1.31. - Proces depolarizacije ćelijske opne:
A - Ćelija u miru ima potencijalnu razliku od oko -90 mV; B - proces razduženja izaziva depolarizaciju, potom se ponovo membrana repolarizuje;
V - registracija biopotencijala tokom razdraženja



Slika 1.32. - Nervno-mišićna sinapsa: 1 - motorni nerv; amielinski omotić; 2 - mitohondriji; 3 - vezikule sa transmiterom; 4 - sinaptička pukotina; 5 - motorna ploča u celini; 6 - mišićno vlakno, 7 - miofibrile



Kineziologija
135

Izlučeni transmiter se za kratko vreme razgradi delovanjem posebnih enzima (acetilholin esteraza). Time se onemogućuje nastajanje stalnog nadražaja i paraliza prenosa signala kroz sinapsu.

U sčanom mišiću i glatkim mišićima dokazano je postojanje i drugih transmitera. Na krajevima motornih grana parasimpatikusa oslobađa se *acetilholin*, a na krajevima simpatikusa *noradrenalin*. U novije vreme otkriveni su i takvi završeci na kojima se ne oslobađa ni acetilholin ni noradrenalin, već posebne materije nazvane neurotransmiteri.

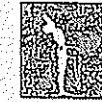
Takva vlakna izlučuju *vezolintenzivni peptid* (VIP), *substanciju P*, *serotonin*, *dopamin* i neka i *adenozin-trifosfat* (ATP) i druge materije uglavnom male molekulske težine.

Sinapse omogućuju jednosmeran protok informacija, odnosno komandi kroz sistem. Ukoliko impuls pristigne obrnuto *postsinaptičkim vlaknom*, nema mogućnosti da „preskoči“ sinaptičku pukotinu, pošto nema izlučivanja medijatora (sl. 1.32). Takođe je značajno da impuls koji pristize presinaptičkim vlaknom u sinapsi ima određeno vremensko zadržavanje.

MOTORNA JEDINICA

Završna grana motornog nerva spaja se sa različitim brojem mišićnih vlakana. To može biti sa 3-10 (kod mišića očne jabučice, prstiju ruke i dr.) ili sa 100 vlakana (kod mišića za održavanje položaja tela). Sva mišićna vlakna koja inervišu jedan motorni završetak čine motornu jedinicu ili mion. Sva vlakna u okviru jedne motorne jedinice imaju istu vrednost praga razdraženja i zato se kontrahuju istovremeno i sa istom snagom. Ukoliko u nekom mišiću postoji veći broj motornih jedinica, on je u stanju da ispolji veći stepen snage i brzine kontrakcije, što znači da je i kontrola od strane nervnog sistema izvanredno precizna. Mišići za finije pokrete imaju veći broj motornih jedinica. Drugu krajnost predstavljaju mišići zaduženi za održavanje poze (položaja) tela (mišići trupa, leđni mišići), gde nisu neophodni izvanredno precizni pokreti, čemu je prilagođena i njihova inervacija.

Da bi nastala mišićna kontrakcija, mora se preneti signal sa membrane, koja se depolarizovala i postepeno se repolarizuje, do kontraktilnih struktura u ćeliji zvanih *miofibrili*. U celom ovom procesu značajna je uloga jona Ca^{2+} . Bez otpuštanja Ca^{2+} jona iz specijalnog sistema kanalića, tj. tubula, nije moguća ni kontrakcija. Tubuli nazvani poprečni ili transverzalni tvorevine su spoljne membrane mišića (sl. 1.28). Oni prave kontakt sa mrežom kanala oko miofibrila unutar ćelije. Ovi kanali ili sarkoplazmatski retikulum sačinjavaju mrežu oko pojedinih snopova miofibrila i proširuju se duž mišićnog vlakna. Kanali sarkoplazmatskog retikuluma na mestu dodira sa poprečnim kanalima proširuju se u cisterne, odakle se otpušta kalcijum. Ovaj jon prenosi informaciju o razdraženju sa ćelijske membrane do kontraktilnih proteina, od kojih su načinjeni miofibrili.



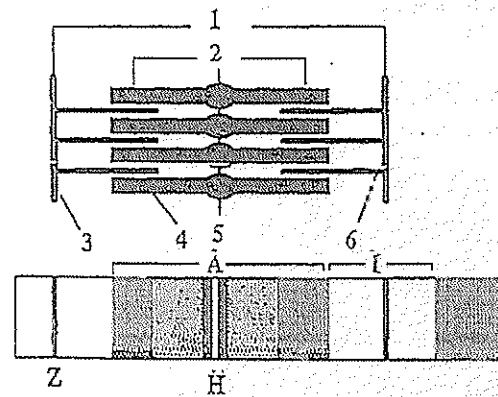
2. Mišićna kontrakcija

Mehanizam nastanka mišićne kontrakcije

U svakoj mišićnoj ćeliji nalaze se brojni miofibrili, koji se prostiru njenom uzdužnom osom. Ove končaste tvorevine su osnovni kontraktilni elementi mišićne ćelije. U poprečno-prugastom mišićnom vlaknu miofibrili su postavljeni paralelno i pod mikroskopom pokazuju naizmjenične tamnije (anizotropne) i svetlije (izotropne) pruge. Osnovnu jedinicu mišićnog vlakna predstavlja sarkomera (sl. 2.1). Glatki mišići nemaju ovakvu uređenost svojih kontraktilnih elemenata.

Sastavni deo miofibrila su četiri proteina, koji su odgovorni za mišićnu kontrakciju. To su debela vlakna miozina, zatim aktin, koji je globularne strukture, tropomiozin, koji je izduženih molekula, i troponin su svoja tri dela – I, T i C. Poslednje dve belančevine nazivaju se još i regulatorni proteini.

Miozin se sastoji od tela i glavice ili poprečnog mosta, postavljenog pod uglom u odnosu na telo. Molekuli miozina opisuju se kao srop štapova za golf koji vire iz torbe. Aktin čine belančevine okruglog oblika – globule, grupisane u duže lance i spiralno uvijene oko svoje uzdužne osovine.



Slika 2.1. – Šematski izgled osnovne jedinice miofibrila:
1 – sarkomera; 2 – anizotropna pruga; 3 – Z linija, koja čini oslonac; 4 – debeli filament (miozin); 5 – tanki filament (aktin); 6 – tanka H linija

Vlakna miozina i aktina postavljena su na sledeći način: tanka aktinska vlakna su paralelna i pričvršćena za poprečnu strukturu miofibrile koja se naziva Z linija. Ova vlakna jednim delom zalaze u debela miozinska vlakna, koja su takođe međusobno paralelna. Mesta unutar sarkomere gde postoje samo tanka vlakna miofibrila izgledaju svetlija, pa se taj deo naziva *izotropni pojas* ili *pruga*. Mesta na kojima se nalaze miozinske niti nazivaju se *anizotropnim prugama*. One zbog prelamanja svetla formiraju tamne pruge. U tamnom delu pruge detaljnijim posmatranjem može se zapaziti svetliji centralni pojas, nazvan H pojas. U ovom pojasu aktinske i miozinske niti se ne preklapaju tokom mirovanja. Kada se mišić skрати, ovaj pojas se gubi. U tom pojasu se takođe može zapaziti jedna tamnija pruga, tj. mesto gde se dodiruju centralni delovi miozinskih niti. U glatkom mišiću su niti aktina i miozina postavljene u vidu nepravilne mreže, a mesta gde se spajaju su u vidu čvorišta. Ta mesta predstavljaju i tačku oslonca prilikom kontrakcije.

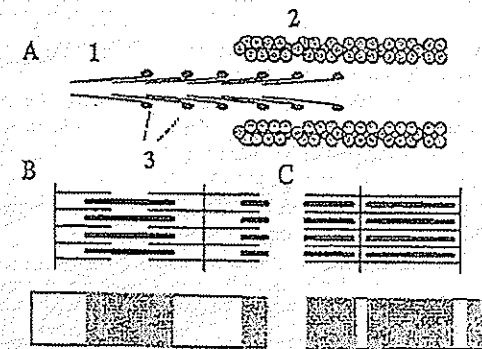
Danas se mišićna kontrakcija objašnjava teorijom klizećih filamenata po Haksliju. Dužina A pruge pri skraćanju mišića ostaje nepromenjena, dok se Z linije približavaju jedna drugoj (sl. 2.2). Pri istezanju, rastojanje između dve Z linije se povećava. Debela miozinska vlakna imaju deo molekula, takozvanu *glavicu* ili *poprečni most*, koji je u neposrednoj blizini aktina. Ovaj deo molekula ima sposobnost da se lako veže za (reaktivna mesta) aktin, da izvrši pokret sličan zaveslaju pomerajući pri tome aktin, a zatim da se odvoji od njega. Proces vezivanja i razvezivanja ponavlja se frekvencijom i do 5/s, čime se niti aktina klizeći uvlače u međuprostore miozina. Svaki pokret skraćuje mišić za oko 1% njegove dužine. Energiju za uvlačenje aktinskih niti obezbeđuje razlaganje adenozin-trifosfata (ATP).

Odvajanjem jednog fosfatnog radikala od molekula ATP i njegovim prelaskom u adenozin-difosfat (ADP) oslobađa se oko 9 kcal (38 kJ) slobodne energije. Utvrđeno je da hidrolizu ATP u ADP obavlja miozin, a da su mesta koja spoljavaju enzimsku (ATP-aznu) aktivnost upravo glavice molekula miozina.

Dva regulatorna proteina (tropomiozin i troponin) imaju važnu ulogu u započinjanju klizanja aktinskih niti, ali u sadejstvu sa jonima Ca^{2+} .

Tropomiozin je izduženi molekul, spiralno priljubljen oko globula aktina. U opuštenom mišićnom vlaknu troponin je svojim delom molekula označenim sa I (inhibicioni deo) čvrsto vezan za aktin, a T delom u spoju sa tropomiozinom tačno na mestu aktina za koje se veže miozinska glavica. Time je onemogućen kontakt miozin-aktin, a samim tim i mišićna kontrakcija. Zato se troponin-tropomiozin kompleks naziva relaksirajućim proteinom. Kada se joni kalcijuma

Slika 2.2. – Međusobni odnos aktinskih i miozinskih niti u opuštenom i kontrahovanom mišiću:
A) niti miozina (1) i aktina (2);
3 – poprečni mostovi (glavice) miozina;
B) opušten mišić;
C) mišić u kontrakciji





Grupa autora
/ 38 /

juma vežu za troponin C, treću podjedinicu troponina, deo molekula troponina vezan za aktin (deo I) se otpušta. Time se otkrivaju aktivna mesta aktina i omogućuje vezivanje miozinske glavičice. Pomeranje jednog molekula troponina otkriva 7 mesta za vezivanje miozina.

Ubrzo, posle otpuštanja, Ca^{2+} se vraća u uzdužne kanaliće sarkoplazmatskog retikuluma. Energiju za transport Ca^{2+} (takođe obezbeđuje razlaganje ATP, a sistem transporta Ca^{2+} naziva se kalcijumska pumpa. Kako koncentracija kalcijuma u miofibrilu opada, on se razvezuje od molekula troponina za koji je bio vezan.

Troponin ponovo zauzima pređašnje stanje, gura tropomiozin preko reaktivnih mesta aktina. Time se prekida mogućnost kontakta aktin-miozin, pa prema tome i klizanje niti, i mišić se opušta.

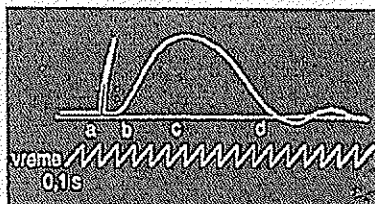
Ukoliko se spreči transport Ca^{2+} u retikulum, nastaje stanje poznato kao kontrakura ili trajna zgrčenost mišića. Zbog toga je kalcijum-jon neophodan za kontrakciju mišića, a u mišićnoj ćeliji ima ulogu prenosiooca (glasnika) informacije sa membrane i vezu između razdraženja (ekscitacije) i mehaničkog skraćivanja vlakana. Mišićna kontrakcija se može registrovati na posebnom uređaju zvanom kimograf. On se sastoji od valjka sa nagaravljenom hartijom koji se okreće relativno velikom brzinom. Takva registracija se naziva miogram (sl. 2.3). Kontrakcija počinje tzv. *latentnim* ili skrivenim periodom kontrakcije, zatim sledi faza skraćivanja ili kontrakcije i, na kraju, faza opuštanja ili dekontrakcije. Tokom latentnog perioda dešavaju se svi ranije opisani procesi: bioelektrički procesi: na membrani, ulazak jona natrijuma, otpuštanje kalcijuma iz terminalnih cisterni. Proces skraćivanja i opuštanja je u stvari klizanje filamenata aktina i miozina. Faza skraćivanja kao aktivna faza traje kraće od faze opuštanja.

Mišići toplokrvnih životinja, a pogotovo mišići sisara, imaju nešto kraće vreme kontrakcije i dekontrakcije. To može zavistiti i od prirode samog mišića, pošto postoje brzi i spori mišići kako u telu toplokrvnih životinja, tako i u telu čoveka.

Pojedinačna mišićna kontrakcija kao posledica pojedinačnog nadraživanja jednim jedinim impulsom ne postoji u prirodi kada je u pitanju skeletni mišić (sl. 2.3). Mišić se kontrahuje uvek pod dejstvom serije impulsa. Pri tome nastaje trajno skraćivanje mišića, tzv. tetanusna kontrakcija. Zavisno od broja impulsa i od stanja mišića, tetanusna kontrakcija može biti predstavljena kao *glatki tetanus* ili kao *zupčasti tetanus* (sl. 2.4). Ako se tetanusna kontrakcija većeg intenziteta održava duži vremenski period, prvobitni glatki tetanus će posle izvesnog vremena preći u zupčasti usled zamora i iscrpljivanja mišića i zbog smanjene količine oslobođenog medijatora na neuromišićnoj sinapsi.

Naime, kada se potroše sve ranije stvorene vezikule sa acetilholinom, zbog stalnog pristizanja novih impulsa, stvaranje vezikula ima svoju dinamiku i duže vreme nije u stanju da prati intenzitet nadražaja, tj. frekvenciju pristiglih impulsa putem nerva. Tada se smanjuje količina oslobođenog medijatora po impulsu i nastaje zupčasti tetanus.

Tetanusna kontrakcija je jača od pojedinačne pošto je nastala sabiranjem većeg broja pojedinačnih kontrakcija (sl. 2.4). Kompletni glatki tetanus može da razvije oko četiri puta veću snagu od pojedinačne mišićne kontrakcije. Ovde je u pitanju efekat sabiranja, tj. sumacije.



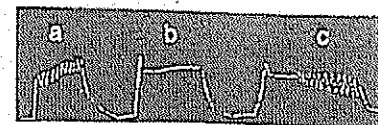
Slika 2.3. — Pojedinačna mišićna kontrakcija: a-b je latentni (skriveni) period, b-c period skraćivanja c-d dekontrakcija



Kineziologija
/ 39 /

Kolika je frekvencija nervnih impulsa dovoljna da izazove tetanus, zavisi od vrste mišića, pošto svi mišići nemaju isto trajanje kontrakcije.

Jedini mišić u organizmu koji uvek ima pojedinačnu mišićnu kontrakciju jeste *srčani mišić*. Ova osobina ostvaruje se na taj način što srčani mišić ima veoma dugotrajan refraktorni period, kada je tkivo apsolutno nenadraživo za bilo kakav novi impuls. Refraktorni period traje u srcu skoro koliko i sama mišićna kontrakcija.

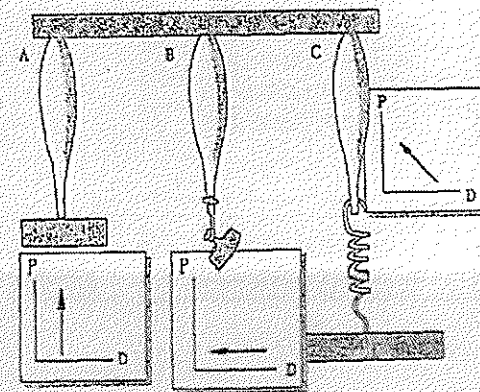


Slika 2.4. — Vrste tetanusa: a — zupčasti tetanus; b — glatki tetanus; c — glatki tetanus sa prelazom u zupčasti

Vrste mišićnih kontrakcija

Postoje različite podele mišićnih kontrakcija. Ukoliko se mišić, u laboratorijskim uslovima, nadražuje samo jednim pojedinačnim impulsom, kao odgovor nastaje pojedinačna mišićna kontrakcija. Serija impulsa izazvaće sabiranje pojedinačnih kontrakcija usled čega nastaje složena kontrakcija, nazvana tetanus.

Mišić može da ispolji različite vrste pojedinačnih ili složenih mišićnih kontrakcija. Ukoliko su oba kraja mišića pričvršćena za podlogu i fiksirana, tj. nepokretna, posle nadraživanja nastupa mišićna kontrakcija, ali bez skraćivanja vlakana. U toku kontrakcije, unutar mišića razvija se sve veća sila. Strelica na dijagramu na slici 2.5 A pokazuje da postoji samo porast pritiska u mišiću, bez njegovog skraćivanja. Ovakva kontrakcija naziva se *izometrijska kontrakcija* (grč. *izos*—isto, *metrein*—meriti). Primer: pokušaj podizanja tereta čija težina prevazilazi mogućnosti mišića. Ako je opterećenje mišića stalno isto, što na slici simbolizuje teg obešen o mišić, prilikom kontrakcije održavane se stalna vrednost sile unutrašnjeg pritiska, a mišić će se



Slika 2.5. — Vrste mišićne kontrakcije: A — izometrijska kontrakcija; B — izotonička kontrakcija; C — auktotonička kontrakcija. Dijagrami prikazuju promene pritiska (P) i dužine (D) mišića pri svakoj od ovih kontrakcija.



Grupa autora

1401

postepeno skraćivati. Na dijagramu sa slike 2.5 B to je prikazano strelicom, koja pokazuje samo smanjenje dužine vlakana uz isti pritisak. Ovakva kontrakcija naziva se *izotonična kontrakcija* (grč. *izos*-isto, *tonos*-pritisak). Ova vrsta kontrakcija nastaje prilikom svakog uspešnog podizanja tereta.

Najzad, postoji i takva vrsta kontrakcije u kojoj se mišić kontrahuje i skraćuje, ali se istovremeno proporcionalno povećava i sila otpora mišićnom skraćivanju. Na slici 2.5 C to je predstavljeno kao da mišić tokom svoje kontrakcije rasteže neku oprugu, pri čemu sila koju treba da savlada stalno raste. Ovakva vrsta kontrakcije naziva se *auksotonična kontrakcija* (grč. *auksein*-povećavati). Na dijagramu, strelica pokazuje istovremeno i skraćivanje mišića i porast pritiska u njemu. Obično se kao primer navodi kontrakcija srčanog mišića za vreme istiskivanja krvi iz komore. Tada se mišić komore skraćuje, dok istovremeno krvni pritisak konstantno raste.

Kontrakcije mišića mogu biti koncentrične i ekscentrične.

Kod *koncentrične kontrakcije* mišić se skraćuje i savladuje silu koja deluje na njegov pokretni kraj. U toku ove kontrakcije različite veličine fizičkog otpora koncentrišu se i sabiraju. Tako se pominje zajedničko delovanje otpora tereta (to može biti i neki deo tela i dr.) i otpora medijuma kroz koji se pokret obavlja (voda, vazduh i slično).

Ekscentrična kontrakcija nastaje kad se mišić kontrahuje protiv neke sile koja je veća od snage mišića. Delovanje sile na njegov slobodni kraj izaziva izduživanje mišića, uprkos njegovoj kontrakciji. Takav je slučaj prilikom igre „obaranje ruke“, i to kod onog igrača koji izgubi, ili u kineziterapiji kod osoba sa oslabljenom funkcijom mišića, kada se od njih zahteva da snagom sopstvenih mišića prevlada silu koju svojom rukom stvara terapeut.

Kontrakcija mišića može biti dinamička i statička.

Kod *dinamičke kontrakcije* naizmenično se smenjuju kraći periodi kontrakcije sa opuštanjem. Ovakve kontrakcije, koje su izotonične po svojoj prirodi, mogu se održavati relativno dugo. U periodima dekontrakcije nastaje povećana prokrvljenost mišića, čime se obezbeđuje dobra ishranjenost tkiva i produžava mogućnost obavljanja rada.

Kod *statičkih kontrakcija* nastaje dugotrajna kontrakcija nekog mišića ili mišićne grupe, ali bez pomeranja odgovarajućeg dela tela. Ove kontrakcije su u osnovi izometrijske. Da bi se mogle izvesti, često je potrebno istovremeno aktivirati i mišić *agoniste* (koji započinju pokret) i mišić *antagoniste* (koji zaustavljaju pokret). Primer: istovremenom kontrakcijom dvoglavog i troglavog mišića nadlaktica moguće je fiksirati podlakticu u željenom položaju.

Osnovni problemi koji prate statičke kontrakcije odnose se na ishranu mišića tokom ovakvog rada. Ako je statička kontrakcija snažna, pritisak koji se razvija u mišiću veći je od pritiska krvi u krvnim sudovima koji snabdevaju mišić. Krvotok u mišiću biće otežan ili potpuno obustavljen. Time prestaje i snabdevanje kiseonikom i odvođenje nastalog ugljen-dioksida, što utiče na dužinu aktivnosti mišića. Prema tome, trajanje statičke kontrakcije je proporcionalno njenoj snazi. Tokom statičkih kontrakcija, ukoliko su angažovane veće mišićne grupe, značajno se povećava krvni pritisak; otuda nisu preporučljive za osobe koje već imaju povišen krvni pritisak. Ukoliko su statičkom kontrakcijom obuhvaćene veće grupe mišića (pre svega trupa i ruku), ovakva kontrakcija je praćena i prostankom disanja, što je još jedan otežavajući faktor. Energetska potrošnja u mišiću je srazmerno velika, a zavisi od intenziteta kontrakcije i obavlja se u anaerobnim uslovima, tj. bez utroška kiseonika. U statičkim naporima i pored utroška energije



Kineziologija

1411

nema spoljašnjeg rada jer ovoj kontrakciji nedostaje pokret (prema zakonima fizike – rad je proizvod sile i puta). Ovakve statičke kontrakcije su karakteristične za neke gimnastičke vežbe (razni „izdržaji“), ali se mogu sresti i u uobičajenom životu – kao razna „napinjanja“.

Podela kontrakcija prema snazi

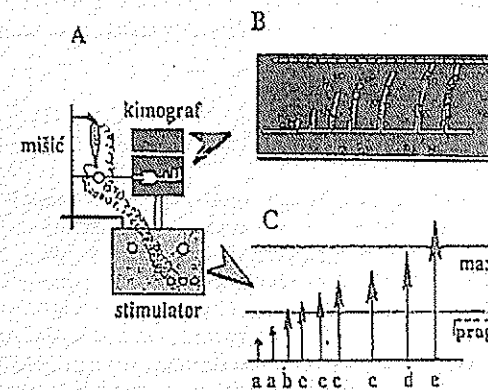
Skeletni mišić ima sposobnost da se kontrahuje različitom snagom i na taj način može da prevladava različite vrednosti otpora. U eksperimentalnim uslovima ovu osobinu mišića moguće je prikazati nadraživanjem indukovanom strujom, ili impulsima iz stimulatora. Veličina odgovora, odnosno veličina same kontrakcije, zapisuje se na posebnom dobošu sa nagravljenom haritijom, koji se okreće minimalnom brzinom, automatski ili ručno (sl. 2.6).

Na slici 2.6. zapaža se da postoje nadražaji koji nisu dovoljno veliki da nadraže mišić da bi se on kontrahovao. Ovo su potprazne draži i na slici su predstavljene dve takve draži manjeg intenziteta. U slučaju pristizanja tako malog broja impulsa koji nisu u stanju da izazovu ni minimalnu kontrakciju na neuromišićnoj motornoj ploči, takode nastaje otpuštanje acetilholina.

Ako draž poraste do neke nove vrednosti, broj acetilholinskih molekula koje oslobađaju vezikule postaje dovoljan da izazove proces razdraženja, koji se dalje širi po membrani. Tako nastaje prva, minimalna ili *prazna* mišićna kontrakcija. Nju izaziva prazna jačina draži (sl. 2.6. C, b). Daljim porastom jačine draži, veličina i snaga kontrakcije rastu. Na kimografu je kriva mišićne kontrakcije u stalnom porastu (uporediti veličinu kontrakcije u grupi kontrakcija označenih slovom c). Ove kontrakcije, kao i draži koje ih izazivaju, mogu se dalje deliti na *natprazne*, *srednje* i *submaksimalne*. Najzad, skraćivanje mišića dostiže svoj maksimum (sl. 2.6. C, d), i nastaje *maksimalna kontrakcija*. Međutim, jačina draži se može i dalje povećavati i ona može postati *supramaksimalna* (sl. 2.6. C, e).

Slika 2.6. – Šematski prikaz ispitivanja snage mišićne kontrakcije:

- A) uređaj za registrovanje (kimograf), stimulator i mišić;
- B) izgled krive na nagravljenom papiru;
- C) jačina stimula: a – potprazni stimuli; b – prazni stimuli; c – natprazni, ali submaksimalni stimuli; d – maksimalni stimuli; e – supramaksimalni stimuli





Grupa autora
/ 42 /

Zakon „sve ili ništa“ mišića

Ako se posmatra (u eksperimentalnim uslovima) kontrakcija pojedinačnog mišićnog vlakna, može se zapaziti da se ono ne ponaša po modelu koji je ranije opisan. Na nadražaje koji su potpune jačine neće nastati vidljiv odgovor, tj. mišićna kontrakcija. Ukoliko broj impulsa u nervnom završetku dostigne kritični nivo i ukoliko se oslobodi dovoljno acetilholina, nastaću proces razdraženja (depolarizacija membrane), koji izaziva skraćivanje miofibrila. Ovo skraćivanje je uvek maksimalno, pa se obično kaže da mišićna ćelija radi po zakonu „sve ili ništa“. To znači da ili ne odgovara na nadražaj ili, ako odgovori, odgovor je maksimalan. Ovo svojstvo ne određuju kontraktilni elementi već *promene membranskog potencijala*.

Svaki mišić se sastoji od većeg broja motornih jedinica (miona), a svaka motorna jedinica ima svoju posebnu veličinu praznog nadražaja. U pogledu maksimuma, motorne jedinice ne pokazuju tako veliku raznolikost. Pošto je prag razdraženja različit, postoje jedinice koje imaju veoma nizak prazni nivo, zatim jedinice sa nešto višim nivoom, jedinice visokog nivoa i jedinice veoma visokog nivoa. Grafičija odgovora skeletnog mišića svodi se na uvlačenje novih, dodatnih motornih jedinica. Ne treba zaboraviti ni porast snage kontrakcije kao rezultat sve bolje izraženog tetanusa.

Pravi odgovor po zakonu „sve ili ništa“ pokazuje samo srčani mišić zbog svoje specifične građe. Ceo miokard pretkomora ili komora ponaša se kao jedinstvena celina i ove ćelije su u funkcionalnom smislu međusobno povezane.

Treba napomenuti da je maksimum kontrakcije podložan određenim uticajima. Maksimum kontrakcije može se menjati i prilagođavati početnoj dužini mišićnih vlakana. Ako je mišić potpuno neopterećen, maksimalna kontrakcija biće nešto manja nego ako se mišić optereći nekim manjim opterećenjem (leg manje težine). U srcu, ta početna dužina vlakana zavisi od količine krvi koja se nalazi u njemu; pri većem punjenju komora povećava se i snaga kontrakcije, čime se višak pristigle krvi istiskuje iz srca.

Ukoliko je izolovani mišić prethodnim radom zamoren, maksimalna kontrakcija pojedinačnog vlakna može biti i nešto smanjena usled iscrpljivanja energetske rezerve. Otuda pojam maksimuma treba shvatiti kao vrednost koja podležu promenama radi adaptacije na konkretne uslove.

Mišićni tonus

Mišićni tonus je fiziološka osobina svih mišića. Tonus je stalno stanje napetosti mišića, koje se može održavati veoma dugo bez pojave zamora. Ovo stanje se manifestuje kada se mišić nalazi u stanju mirovanja, dakle u odsustvu kontrakcije. Iako je mišić tada opušten, to opuštanje nije nikada potpuno. Čak i tada postoji mala napetost koja se obično opisuje kao „jedrina“ mišića. Priroda mišićnog tonusa je ranije ispitivana, pošto se nije znalo da li je to neko posebno svojstvo mišića ili je poreklo tonusa centralno i zavisi od impulsa. Ako je tonus centralnog porekla, postavlja se pitanje – u kom se delu centralnog nervnog sistema i na koji način stvaraju impulsi koji se i u miru odašilju na periferiju. Danas se smatra da se radi o dve različite komponente. Osnovni tonus mišića je centralnog porekla i posledica je stalnog pristizanja impulsa preko



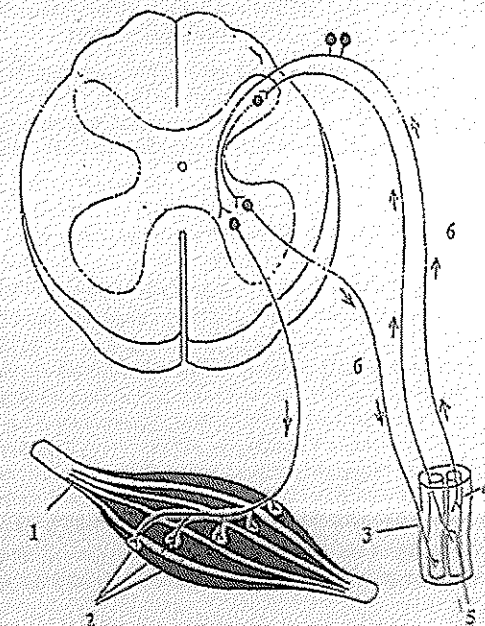
Kineziologija
/ 43 /

motornih nerava, ali ovi impulsi nisu dovoljne frekvence da izazovu pravu mišićnu kontrakciju. Nastanak impulsa je moguće objasniti stalnim pristizanjem informacija sa periferije (iz samih mišića, iz tetiva, zglobnih čahura i drugo). Impulsi iz mišića su senzitivne informacije koje potiču iz *mišićnog vretena* – najznačajnijeg senzitivnog organa mišića (sl. 2.7). To je tvorevina posebno izmenjenih mišićnih vlakana, koja stalno registruje napetost u mišiću i obaveštava više senzorne oblasti. Informacija o stepenu istegnutosti prenosi se preko posebnih senzitivnih vlakana, koja počinju kao spiralni namotaji oko srednjeg dela vretena.

Odvodna vlakna su mijelinizovana i debela i informacija brzo putuje ka kičmenoj moždini i senzornim kortikalnim oblastima. Mišićna vretena su specijalni mišićni receptori. Ove strukture nemaju praktično nikakvu sposobnost adaptacije, što znači da ne smanjuju broj impulsa posle nekog vremena održavanja određene zategnutosti. Informacije sa mišićnog vretena se dopunjuju informacijama sa receptora tetiva i zglobova i stalno nadražuju centralni nervni sistem.

Drugi činilac napetosti mišića može biti nakupljanje tečnosti u mišiću kao posledica pojačane aktivnosti i pojave zamora. Kratko vreme po obavljenom radu mišić ostaje čvrst i napet. Ovo stanje je prolazno i vezano je samo za rad.

Postoji i patološko povećanje tonusa, pa čak i tonusna kontrakcija kao posledica nekog zapaljenjskog procesa u samom mišiću ili u njegovoj okolini. Poznata je napetost mišića prednjeg trbušnog zida pri zapaljenju slepog creva.



Slika 2.7. – Mišićno vreteno – refleksni luk: 1 – mišić, 2 – motorna ploča, 3 – intrafuzalna vlakna (mišićno vreteno), 4 – anulospiralni početak, 5 – lepežasti senzorni početak, 6 – gama (γ) vlakna



Grupa autora
1441

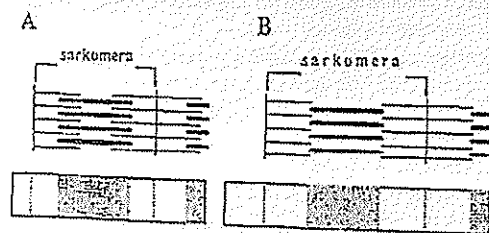
Dugotrajni brzi pokreti (sviranje klavira, brzo kucanje na mašini) mogu takođe prouzrokovati porast tonusa u odgovarajućim grupama mišića. Tonus može, ukoliko je nejednak, da utiče i na položaj nekog dela tela. Ona grupa mišića koja pokazuje povećan tonus pomeriće sve poluge tela tako što će privući kraj ekstremiteta u položaj bliži sebi. Ako je takvo povlačenje veliko, ono može uticati na pozu tela, pa i izazivati manje deformitete, posebno ako je promena nastala u ranoj mladosti. Obično su u pitanju snažniji mišići ili veće mišićne grupe, koje obezbeđuju statiku organizma. Isto tako, postoji mogućnost korekcije izmenjenog tonusa primenom određenih gimnastičkih vežbi. Pri tom treba biti maksimalno uporan i dosledan, pošto se postignuti napredak (bolje isezanje) može veoma lako izgubiti.

I glatki mišići takođe pokazuju postojanje tonusa. Tonus glatkih mišića je od posebnog značaja kad su u pitanju mišići koji grade zidove unutrašnjih šupljih organa, kao što su, na primer, želudac ili mokraćna bežika. Ovi organi, zahvaljujući upravo postojanju *plastičnog tonusa* mišića u njihovom zidu, mogu da obavljaju ulogu kompenzatornog (pomoćnog) rezervoara i da primaju veću količinu sadržaja bez porasta pritiska u šupljini. Sa ulaskom nove količine hrane u želudac ili tečnosti u mokraćnu bežiku, tonus mišića u njihovom zidu popušta i pritisak ostaje isti. Ovo je primer mogućeg opadanja tonusa u prirodnim uslovima.

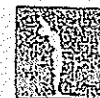
Tonus ne treba mešati sa mišićnom zamorenošću i ukrućivanjem usled potpunog iscrpljivanja energetske rezervi mišića. Tada nastaje stanje koje se naziva *rigor*, a nije u vezi sa pojačanjem tonusa. Kao što je moguće uticati na promene tonusa u smislu njegovog povećanja, tako je moguće osvariti i smanjenje ili potpuno opuštanje pojedinih ili svih mišića organizma. Ovo opuštanje ili relaksacija se još uvek naziva i dekontrakcija, iako se i faza opuštanja posle neke kontrakcije naziva dekontrakcija. Objašnjenje fiziološke osnove procesa relaksacije do danas nije dato.

Moguće je da se u procesu relaksacije smanjuje impulzacija sa mišićnih vretena (sl. 2.8), pa i senzorno-motorna oblast kore velikog mozga smanjuje svoju aktivnost i šalje ekscitatorni signal prema kičmenoj moždini. Isto tako je verovatno da se sa nivoa kore velikog mozga i polkomitih jedara u relaksaciji aktivno šalju *inhibitorni impulsi* prema kičmenoj moždini (ćelijama predajnih rogova), čime se u velikoj meri koči njihova stalna aktivnost. Time se smanjuje količina (frekvencija) impulsa koji se odašilju na periferiju u mišiće. Pošto nema procesa razdraženja, nema ni ulaska kalcijuma i izmene konfiguracije i položaja regulatornih proteina. Ipak, može se očekivati za klizanje aktina i miozina u suprotnom pravcu u odnosu na pravac u kontrakciji.

Relaksaciju mišića moguće je ostvariti primenom posebnih vežbi za opuštanje. U ovim vežbama važnu ulogu ima i kontrola disanja. Ove vežbe su posebno zastupljene u nekim istočnjačkim veštinama, kao što je joga, ali su preuzete i koriste se i u pripremama nekih sportista, pošto je dokazano njihovo dejstvo na skraćivanje perioda oporavka posle aktivnosti. Određenu



Slika 2.8. - Šematski izgled miofibrile relaksiranog mišića: A) mišić u mirovanju; B) relaksirano vukno



Kineziologija
1451

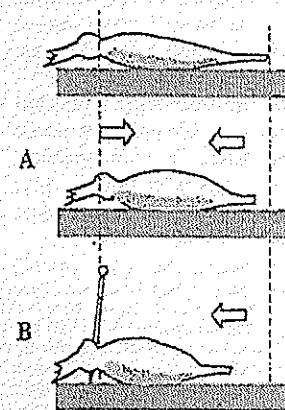
relaksaciju moguće je izazvati i primenom nekih postupaka masaže, bilo manuelne, bilo tokom hidroterapije. I ovi su postupci našli primenu kako kod sportista tako i kod pacijenata.

U medicini se u terapeutske svrhe koriste različiti miorelaksansi. Tako se prilikom operacija na trbuhu pacijentu u određenoj dozi daje *d-tubokurarin* ili sintetski miorelaksans *sukcinil-holin*. Kurare je otrov koji južnoamerički Indijanci koriste za svoje strele ili duvaljke kojima love životinje. Osnovni mehanizam delovanja kurarea za tzv. nikotinske receptore, i to na istim mestima na kojima se vezuje acetilholin. Time se blokira vezivanje acetilholina za receptor i jonski kanali za natrijum ostaju trajno zatvoreni. Usled toga nastupa relaksacija ili, ako je količina kurarea veća, potpuna paraliza svih mišića. Mehanizam delovanja kurarea možda ima sličnosti sa normalnom relaksacijom (izaziva blokadu ili neodašiljanje impulsa).

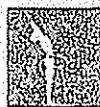
Slobodni i fiksni mišićni pripoji

Ako se mišić koji je izvađen iz organizma i leži slobodno na podlozi nadraži strujom, on će se kontrahovati – privlačiće podjednako obo svoja kraja centralnom delu. Ako se bilo koji od krajeva fiksira, slobodni kraj će se prilikom kontrakcije primicati fiksnom krajem (sl. 2.9).

Mišići u organizmu najčešće imaju pripoje na dvema susednim kostima koje čine jedan zglob. Prilikom njihove kontrakcije u tom zglobov dolazi do primicanja jedne kosti drugoj. Fiksirani ili nepokretni pripoj dvoglavog nadlaktalnog mišića (*m. biceps brachii*) je njegov gornji pripoj, a pripoj na podlaktalnoj kosti je pomerljiv. Pri analizi pokreta donjih ekstremiteta takođe se uočava da je gornji pripoj taj koji deluje kao fiksna tačka, a da se pomera donji pripoj i odgovarajuća kost kao poluga. Međutim, pogrešno bi bilo stvoriti sliku da je uvek gornji pripoj tačka oslonca. Tačnije tumačenje jeste da je tačka oslonca onaj pripoj mišića koji je *bliži kičmenom stubu*, kao glavnom osloncu i osovini tela. Međutim, tačka oslonca mišića može se i promeniti. Ona ostaje na pripoju koji je bliži kičmenom stubu, sve dok se ne izmene okolnosti. Prilikom penjanja na drvo tačka oslonca se premešta na pripoj dalje od kičmenog stuba, pošto je sad grana drveta univerzalni oslonac organizma. Isto tako, veliki grudni mišić (*m. pectoralis major*) po funkciji je *primicač nadlaktaka*. Međutim, pacijenti često pri otežanom disanju fiksiraju obe ruke za sto (krevet) u polurazmaknutom položaju i tako dišu. Tako njihov veliki grudni mišić svojom kontrakcijom *širi grudni koš*, čime se olakšava faza udisanja.



Slika 2.9. - Prikaz kontrakcije mišića: A) oba pripoja su slobodna; B) jedan pripoj je fiksiran za podlogu



Grupa autora

1461

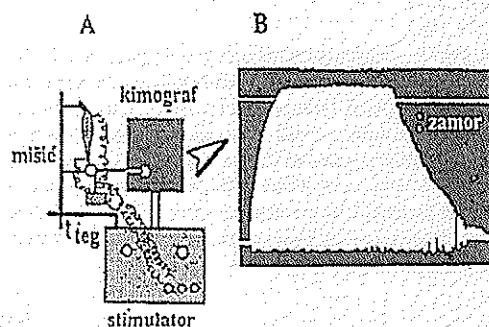
Zamor mišića

Prema postavkama fiziologije rada postoji tzv. trijas događaja u organizmu vezan za mišićnu aktivnost (sl. 2.10). Mišićna aktivnost odražava se u ispoljavanju spoljašnjeg rada (1), spoljašnji rad uzrokuje pojavu zamora (2), a zamar biva zamenjen odmorom (3), posle čega je organizam ponovo sposoban da obavlja spoljašnji rad.

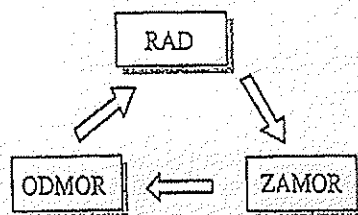
Prema tome, zamar je fiziološka pojava proistekla iz obavljanja rada. Prema definiciji, zamar je privremeno smanjenje radne sposobnosti mišića, mišićne grupe ili celog organizma, koji nastaje kao posledica prethodno obavljanog rada. Prema tome, samo ono smanjenje radne sposobnosti kome je prethodio neki oblik fizičkog rada može se smatrati zamarom. Ukoliko se posle izrazite pojave zamora organizam odmori, zamar će nestati i ponovo će se uspostaviti ranija radna sposobnost mišića ili celog organizma.

Radna sposobnost mišića i njene promene u pravcu zamora ispituju se raznim vrstama ergometara. Za mišićne podlaktice konstruisan je ergometar po Mossou, koji se sastoji iz uređaja za registrovanje i rukohvata sa tegom koji se menja.

U laboratorijskim uslovima koristili su mišić žabe o koji je običen odgovarajući teg i kimograf za registrovanje. Mišić se tokom oglada nadražuje frekventnom strujom, čija frekvencija nije dovoljna da izazove tetanus. Kimograf se podeši da se okreće veoma malom brzinom (1 mm/s ili i manjom). U prvom delu krive mogu se zapaziti kontrakcije, koje su po svojoj amplitudi približno iste (sl. 2.11). Posle određenog vremena nastupa postepeno smanjivanje amplitude kontrakcije. Pri ovako sporom okretanju kimografa nije moguće zapaziti i druge, tekade značajne promene u kontrakciji, prouzrokovane zamarom. Pre svega, nastaje postupno produžavanje trajanja perioda opuštanja, dok je trajanje perioda skraćivanja još uvek relativno kratko. Kasnije, pri još većem zamaru, produžava se i period skraćivanja mišića, pa su kontrakcije sve manje i manje amplitude, u sve dužeg ukupnog trajanja. Pri visokom stepenu zamora mišić ne može da prati frekvenciju stimulacije, pa na neke stimule i ne odgovori. Dalje smanjenje amplitude pokreta okončava se potpunom obustavom kontrakcija. Sličnu krivu treba očekivati i kod ergograma čoveka, s tim da će rad biti znatno duži, pošto postoji stalno snabdevanje mišića krvlju.



Slika 2.11. – Ergogram izolovanog mišića žabe: A) uređaj za registrovanje; B) izgled krive ergograma, sa vidljivim smanjenjem kontrakcije u zamaru



Slika 2.10. – Trijas događaja koji prate spoljašnji rad



Kineziologija

1471

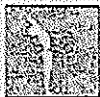
Smanjenje radne sposobnosti mišića posledica je udruženog delovanja niza različitih faktora. Uzrok nastanka zamora, a time i mehanizam zamora, kod radova veoma kratkog trajanja a maksimalnog intenziteta razlikuje se od mehanizma nastanka zamora kod dugotrajnih iscrpljujućih radova. U industrijskom radu, zamar može nastati i kao posledica monotonijske u obavljanju svakodnevnog posla (stalno isti pokreti, u istim vremenskim intervalima, kao što je to slučaj kod rada na traci). Prema tome, ne postoji univerzalni uzrok zamora, niti postoji samo jedna vrsta zamora. Jedino što je zajedničko za sve vrste zamora jeste njihovo ispoljavanje u vidu smanjenja radne sposobnosti mišića ili celog organizma.

Zamar koji nastaje posle obavljanja veoma kratkih radova čiji je intenzitet maksimalan (trčanje, plivanje i sl.) može nastati usled zamaranja centralnog nervnog sistema ili nervno-mišićne ploče. Prva mogućnost se odnosi na zamaranje samih centara u kori velikog mozga i svim sinapsama. Na primer, u trčanju je potrebno veoma brzo smenjivanje kontrakcija nekog mišića agoniste sa kontrakcijom njegovog antagoniste, tj. da se prekine pokret i otpočne novi, što se potom ciklično ponavlja. Treba istaći da su nervni centri veoma podložni zamaru. Medulim, periferni nerv je praktično nezamoran. Veoma dugo draženje izolovanog nervnog vlakna neće smanjiti njegovu brzinu provodljivosti. Sa sinapsom je situacija sasvim drugačija. Ona je podložna zamaranju. Ranije je napomenuto da u presinaptičkom delu postoje vezikule sa medijatorom, koje se, kada pristigne bioelektrički signal, prazne u pukotinu. Broj tih vezikula nije neograničen, pa se može dogoditi da se sinapse jednostavno „isprazne“. Stvaranje novih vezikula i novih količina medijatora postoji, ali ono ima svoju dinamiku, koja je znatno sporija od zahteva u ovakvoj mišićnoj aktivnosti.

Ukoliko je u pitanju statički napor (naprezanja, „izdržaji“), zamar i prestanak kontrakcije nastupa znatno ranije. Trajanje ovakve tetanuse kontrakcije u direktnom je odnosu sa njenom snagom, i što je kontrakcija snažnija, to kraće traje (obrnuta proporcionalnost). Uzrok ovakvom skraćivanju trajanja statičke mišićne kontrakcije je neadekvatna snabdevenost krvlju, pa prema tome i slabija ishranjenost mišića.

Prilikom obavljanja dugotrajnog rada srednjeg i umerenog intenziteta, kao što je trčanje na duge i veoma duge staze (maraton), zamar koji se javlja svakako je posledica iscrpljivanja energijskih rezervi organizma. Maratonac je na cilju lakši 2–4 kg, koje je izgubio za samo nekoliko sati rada. Deo ovog gubitka otpada na izgubljenu vodu usled znojenja, ali je prisutan i gubitak zbog sagorevanja organskih materija u mišićima tokom aktivnosti. U ovom slučaju zamar može nastati kao posledica velikog smanjenja energijskih rezervi ili nagonilavanja produkata rasпада organskih materija u samim mišićima usled njihove neodgovarajuće eliminacije preko krvotoka. Energija za mišićnu kontrakciju dobija se razgradnjom organskih jedinjenja bogatih energijom. Kao najznačajniji izdvaja se adenozin-trifosfat.

Za njegovu regeneraciju upotrebljava se energija dobijena iz masnih kiselina i glukoze procesima biološke oksidacije. U toku procesa dobijanja energije stvaraju se pojedini međuprodukti razlaganja, tj. intermedijarni proizvodi, kao što su mlečna ili pirogrodžana kiselina. Ove materije ili dalje stupaju u hemijske reakcije ili se izbacuju iz ćelije u krv i oduku u druge organe. Sve ove reakcije kontrolišu brojni enzimi i njihova brzina odvijanja zavisi od postojanja materije na koju enzim deluje, tj. od supstrata i eliminacije produkata reakcije. Ako produkti reakcije ostanu u ćeliji, to će smanjiti ili potpuno obustaviti enzimsku reakciju razlaganja supstrata. Na taj način će se smanjiti i energija za aktivnost ćelije i zato ćelija smanjuje ili obustavlja svoj rad, što se manifestuje zamarom.



Grupa autora

1481

Zamor se može manifestovati na veoma različite načine, ali postoji i više vrsta zamora. **Akutni zamor** nastaje kao posledica nekog pojedinačnog intenzivnog rada različitog trajanja. Akutni zamor je normalna posledica mišićne aktivnosti i u mnogim sportovima, vežbama i drugim aktivnostima upravo je poželjan. Posle odmora, akutni zamor isčezava bez ikakvih štetnih posledica po organizam. **Hronični zamor** se najčešće razvija na bazi ukutnog zamora ukoliko mišićna aktivnost nije praćena adekvatnim odmaranjem. Tada se zamor akumulira i manifestuje u svom hroničnom obliku. Takva situacija je manje poželjna, pošto hronični zamor prate i nepoželjni simptomi (vegetativne prirode), kao što su glavobolja, gubitak apetita, razdražljivost, gubitak pažnje i porast povredljivosti, pa čak i pad otpornosti organizma na neke bakterijske infekcije.

Postoji i **lokalni zamor**, kada se rad prekida usled iscrpljivanja neke odvojene grupe mišića – jedne ruke ili jedne noge. U tom slučaju je opšta radna sposobnost i dalje relativno očuvana i moguć je nastavak rada nekom drugom mišićnom grupom, na primer drugom rukom. Zamor kao i opšta pojava – **opšti zamor**, jeste zamaranje celog organizma.

Zamor može biti **primarni** i **sekundarni**. Primarni zamor nastaje u slučaju iscrpljenosti organa koji je neposredno aktivan. Sekundarni zamor je posledica zamaranja nekog drugog organa, što dovodi do pogoršanja rada osnovnog, izvršnog organa; na primer, smuñenje aktivnosti mišića nastalo usled njegove nedovoljne prokrvljenosti (slabijeg rada srčano-sudovnog sistema).

Zamor može biti **manifestan**, kada se ispoljavaju svi njegovi simptomi, a može biti i **skriven** (latentan), kada postoji, ali su njegovi simptomi maskirani. Pri snažnim emocionalnim uzbuđenjima ili u pojedinim opasnim situacijama može se „zaboraviti“ na umor i nastaviti dalja aktivnost. Tada se obično osoba nedovoljno dobro odmara, pa to može biti uvod u hronični zamor.

Postoje različiti postupci pomoću kojih je moguće smanjiti trajanje zamora i poboljšati proces odmaranja. Farmaceutska industrija pokušava da pruži preparate čiji učinak na zamor treba da bude blagotvoran. Obično se radi o multivitaminским preparatima sa dodatkom glukoze i još nekih sastojaka. Ovi preparati pomažu bržu obnovu rezervi ugljenih hidrata u organizmu, dok se vitamini najčešće ne troše tako brzo i u tolikoj meri. Ukoliko preparati sadrže i psihostimulanse (materije koje povećavaju aktivnosti centralnog nervnog sistema), oni tada nisu prihvatljivi.

Za razliku od farmakoloških sredstava, postoje razni fizički i fiziološki postupci za koje je dokazano da imaju povoljne efekte na tok i trajanje procesa odmaranja. Među ove mere spadaju razne masaže, relaksacije mišića posebnim vežbama, za tim vežbe disanja i slično. Odavno je primećeno blagotvorno dejstvo **aktivnog odmora** na proces odmaranja. Umesto potpunog opuštanja, treba nastaviti sa aktivnošću ali smanjenim intenzitetom i po mogućstvu – drugim mišićnim grupama. Utvrđeno je da proces obnove zamorene grupe mišića traje kraće i da se osoba oseća odmornom mnogo ranije. Fiziološko objašnjenje ove pojave je jednostavno: ako se nastavi sa radom smanjenim intenzitetom, ne dolazi odmah do smanjenja frekvence srca i disanja, inko da je krvotok i dalje ubrzan a krv dobro snabdevena kiseonikom. Krv brže struji kroz mišiće koji rade, a krvni sudovi su prošireni. To pogoduje **odvođenju** nagomilanih intermedijarnih produkata metabolizma i bržam oporavku zamorenog mišića.

Međutim, postoji i centralni efekat u aktivnom odmoru. Time što su u aktivnosti drugi mišići, održava se razdraženje i u nervnim centrima (u motornoj zoni kore velikog mozga). Ova aktivnost stimuliše motorne nervne centre, održava i u njima povišeni metabolizam, pa se ranije aktivni centri brže oporavljaju.



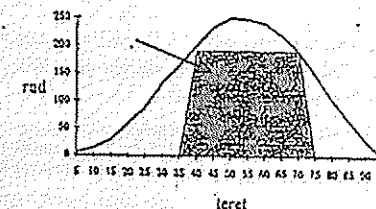
Kineziologija

1491

Količina rada koju može da ostvari mišić ili grupa mišića je varijabilna vrednost i zavisi od mnogo faktora. Opšte je pravilo da zamor najkasnije nastupa ako se mišić optereći u zoni srednjih opterećenja.

Na krivoj, koja je prikazana na slici 2.12, postoji područje u kome je rad najveći, dok na njenom početku i kraju mišić nije uspeo da podigne teret, put je jednak nuli i rad je jednak nuli.

Ovaj univerzalni zakon srednjih opterećenja čovek odavno koristi za stvaranje odgovarajućeg alata kojim se može raditi duže ali bez zamora. Primer: veličina obične lopate u odnosu na njenu dršku; da je površina lopate veća, zahvatalo bi se više materijala, ali bi umor nastupio znatno brže. Ako bi, pak, površina lopate bila mala, ne bi nastupio zamor, ali ne bi bio izvršen nakakav značajniji rad, što znači da bi učinak bio minimalan.



Slika 2.12. – Veličina spoljnog rada. Osnovna figura označena strelicom predstavlja područje srednjih opterećenja.

Energetika mišićne kontrakcije

Svaka aktivnost praćena spoljašnjim radom mora biti potpuno pokrivena energijom koju organizam stvara. Izvori energije su ugljeni hidrati i masti, koji se u organizam unose hranom. Belančevine kao treća značajna grupa organskih materija služe, pre svega, kao građivne materije. Sasvim je sigurno da se i njihovom razgradnjom dobija energija, i to u količini od 4,1 kilokalorije (kcal) tj. 17 kJ (kilodžula). Masti i ugljeni hidrati su jednim delom i građivni elementi organizma. Masnih materija ima u masnom tkivu ispod kože, a ulaze i u sastav svake ćelijske opne. Glukoza se polimerizuje u glikogen, koji je rezerva energije, ali predstavlja i građivni element ćelijske strukture.

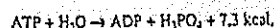
Jedinjenja fosfata bogata energijom. – Kontrakcija mišića je proces koji zahteva značajnu količinu energije. Ova energija dobija se razgradnjom energetski bogatih hemijskih jedinjenja. Zbog toga se mišić često naziva i „mašina za pretvaranje hemijske energije u mehaničku“. Jedini izvor energije za mišićnu kontrakciju je slobodna energija. Ona se dobija razlaganjem fosfatnih spojeva koji su bogati energijom: adenzin-trifosfata (ATP), koji prelazi u adenzin-difosfat (ADP), uz oslobađanje značajne količine energije. Po jednom molekulu oslobođi se između 7 i 9 kcal ili oko 30–36 kJ. Ponekad, mada retko, adenzin-difosfat oslobodi jednu fosforu grupu i nastane adenzin-monofosfat (AMP), uz oslobađanje iste količine energije. Ako je potreba za energijom izrazito velika, može se i AMP razložiti na adenzin i fosfati radikal. Sve ove reakcije su u principu reverzibilne, što znači da, ako se iz nekog drugog izvora obezbedi nova energija, ADP lako prelazi u ATP. Nešto je teže spajanje adenozina i fosfatnog radikala i stvaranje AMP-a. Treba se podsetiti da miozin, kontraktilni protein, poseduje svojstva enzima koji ubrzava raspadanje adenzin-trifosfata, tj. deluje kao **adenzin-trifosfataza** (ATP-aza).



Grupa autom
1501

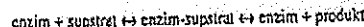
U mišiću postoji još jedno fosfatno jedinjenje bogato energijom. To je kreatin-fosfat (ili fosfokreatin), koji sam ne daje energiju za mišićnu kontrakciju, ali zato daje fosfatnu grupu neophodnu za resintezu ATP-a.

U mirovanju ATP predaje jedan fosfat kreatinu i time ga fosforiliše. Zbog toga su rezerve kreatin-fosfata uvek dobro popunjene. Pristvaranje kreatina u fosfokreatin kontrolišu posebni enzimi mišićne ćelije. U toku mišićnog rada kreatin-fosfat se hidrolitičkim putem razgrađuje i time oslobađa fosfatni radikal:



Razlaganje ugljenih hidrata. – Veći deo energije koji je potreban za ponovno sintetisanje kreatin-fosfata i adenozin-trifosfata dobija se razlaganjem ugljenih hidrata, pre svega glukoze do CO_2 i H_2O . Ovi procesi nazivaju se biološka oksidacija. Slični su sagorevanju u plamenu, gde se veoma brzo spajaju organska materija i kiseonik, uz oslobađanje ogromne količine toplotne energije. Međutim, za razliku od obične oksidacije, procesi biološke oksidacije su postepeni i dobro kontrolisani brojnim enzimima.

Organska materija koja se oksidiše razlaže se stepenasto ili kaskadno, preko niza međuprodukata (intermedijarnih produkata metabolizma), pri čemu za svaku stepenicu ili kaskadu postoji poseban enzim-kontrolor. Enzimi su biološki katalizatori koji višestruko (ponekad i 10.000 puta) ubrzavaju hemijske procese, ali se u njima ne troše. Oni se vezuju za supstrat i stvaraju privremeno jedinjenje enzim-supstrat. Posle hidrolize, oksidacije ili neke druge reakcije oni se razvezuju i vežu nov molekul supstrata. Celu reakciju predstavlja jedna jednačina:



Produkti iz prethodne reakcije potom postaju supstrat za narednu stepenicu, koju kontrolišu novi enzimi i reakcija se tako kaskadno nastavlja. Ukoliko u nekoj fazi dođe do nagomilavanja, tj. povećanja koncentracije nekog od međuprodukata, to začeđi celu kaskadu i razlaganje organske materije prestaje. Ovakva pojava je veoma retka upravo zato što svaki produkt trenutno stupa u novu hemijsku reakciju i na taj način njegova koncentracija u ćeliji stalno teži nuli!

Živi organizmi kao izvor energije koriste samo oksidaciju atoma ugljenika i atoma vodonika. U prvom slučaju nastaje ugljen-dioksid, a u drugom voda.

Ugljeni hidrati ili šećeri su jedinjenja sastavljena, pre svega, od ugljenika i vodonika i delom, kiseonika, pa su pogodni za oksidaciju. Jedan gram ugljenih hidrata pri oksidaciji oslobađa oko 4,1 kcal (17 kJ).

U prirodi postoje monosaharidi, disaharidi i polisaharidi. U životinjskom organizmu osnovni šećer je glukoza. Ona se u telu čoveka nalazi u slobodnom obliku u krvi i ćelijama, ali i u obliku svog polimera, polisaharida glikogena u jetri i mišićima. Iz glikogena se razgradnjom koju kontrolišu enzimi može stvoriti glukoza. Glukoza iz glikogena jetre je mobilna, tj. može se otpustiti u krv i snabdevali druga tkiva, dok se ona iz mišića ne otpušta i služi samo mišićnoj ćeliji kao sopstvena rezerva. Ona iz krvi ulazi u ćeliju kontrolisanim procesom, ali se mora fosforilisati.

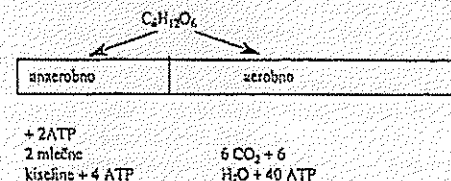
Dakle, početni deo razlaganja glukoze zahteva energiju. Razlaganje glukoze podrazumeva niz međuprodukata. Glukoza se razlaže u pirogrogdanu kiselinu i na kraju nastaje mlečna kiselina. Pri tom se oslobađa relativno mala količina energije. Prednost ovog načina razgradnje glukoze je u tome što ne zahteva kiseonik, pa se ovakvo razlaganje naziva anaerobna glikoliza. Prema tome, ova reakcija je značajna kada nema dovoljno kiseonika na raspolaganju, što je slučaj sa kratkim ali izrazito napornim radovima.



Kineziologija
1511

Ako je intenzitet rada manji, a kiseonika ima dovoljno, ne stvara se mlečna, već pirogrogdana kiselina, koja ulazi u tzv. ciklus limunske kiseline (Krebsov ciklus ili ciklus trikarbonskih kiselina) i u njemu se razlaže do ugljen-dioksida i vode. Ovaj proces se naziva aerobna glikoliza.

Krebsov ciklus se sastoji iz više različitih organskih kiselina, koje nasaju razlaganjem pirogrogdane kiseline, od koje se postupno odvajaju atomi vodonika i ugljenika i oksidišu. Tada se sa svakim molekulom oslobađa velika količina energije. Prema tome, ceo proces razlaganja glukoze (koji podrazumeva i aerobni i anaerobni deo) obezbeđuje veliku energiju. Jedan molekul glukoze oslobađa energiju dovoljnu za stvaranje 40 molekula ATP iz ADP. Ceo proces se može predstaviti jednačinom.



Masti kao izvor energije. – Masti su estri alkohola glicerola i masnih kiselina. Masne kiseline predstavljaju čist spoj ugljenika i vodonika. One se mogu razlagati samo aerobno. Svaki gram masti pri oksidaciji u organizmu oslobodi 9,3 Kcal (38 kJ). Zbog toga su masne kiseline i veoma značajan izvor energije u organizmu. U telu se nalaze u vidu masnih depoa (potkožne masti) i u posebnim ćelijama masnog tkiva, koje se nazivaju adipociti. Iz ovih ćelija se postepeno enzima mogu lako mobilisati. Slobodne masne kiseline zatim odlaze u krv. U jetri se formira poseban transportni oblik za neutralne masti, slobodne masne kiseline, holesterol i druge lipidne materije. To je velika čestica belančevine koja ima stabilizatorsku ulogu i naziva se lipoprotein.

Masne kiseline su osnovni izvor energije za mišić u miru i pri radu manjeg intenziteta. U srčanom mišiću masne kiseline zadovoljavaju više od 60% njegovih ukupnih energetskih potreba. Pri težem radu glukoza se postepeno uključuje i aerobno razgrađuje, a ako je energetski zahtev veoma visok, u mišiću počinje i anaerobna glikoliza. Masne kiseline su znatno veći davalac energije za obnovu ATP.

Snaga mišićne kontrakcije

Čovek može da podigne sa poda pištolj, ali i vreću od 25 kg. U oba slučaja kontrahuju se iste mišićne grupe, koje ostvaruju određen rad. Očigledno je da mišići mogu da razvijaju različitu snagu, u zavisnosti od stvarne potrebe. Pored toga, snaga se može precizno kontrolisati, kao i brzina pokreta, njegova amplituda i neki drugi parametri (frekvencija i sl.).

Postoji više različitih i složenih mehanizama kontrole snage pokreta skeletnog mišića. U kontroli svih osobina nekog pokreta (snaga, brzina, trajanje i sl.) učestvuju brojne strukture u centralnom nervnom sistemu, od kičmene moždine, preko malog mozga, do motorne zone kort velikog mozga. Ove strukture dobijaju informacije o dimenzijama pokreta preko mišića, iz zglobova, ligamenata, ali i preko kože i čula vida. Tako dobijene informacije upoređuju se sa vred-



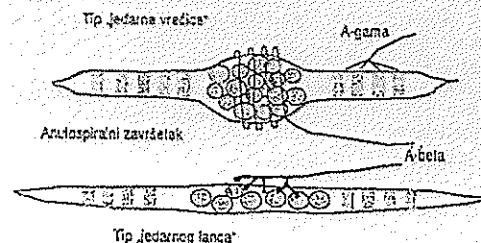
Grupa autora

1521

nostima započetog pokreta i, ako postoji odstupanje, odmah se uvodi korekcija pokreta, ponekad i u toku njegovog izvršavanja. Korekcija može biti u vidu naredbe mišiću da promeni neki od parametara pokreta ili se impuls upućuje u antagonistički mišić, koji svojom kontrakcijom zauzavlja pokret. Postupak kontrole pokreta veoma je složen.

Utvrđeno je da u mišićima postoji posebna grupa vlakana koja imaju ulogu složenog i veoma preciznog mernog instrumenta. Ova vlakna stalno kontrolišu veličinu mišićne kontrakcije. To su izmenjena mišićna vlakna. Nazivaju se intrafuzalna vlakna ili mišićno vreteno (sl. 2.13). Postavljena su paralelno sa ostalim vlaknima u mišiću, a svojim krajevima povezana sa tetivama. Postoje dve vrste intrafuzalnih vlakana: vlakna sa jedarnom vrećicom i vlakna sa jedrima u lancu. Na krajevima ovih vlakana postoji poprečna ispruganost. Ovi krajevi sadrže miofibrile, slično kao kod okolnih vlakana i mogu se kontrahovati. Središnji deo intrafuzalnog vlakna je izmenjen i nema miofibrile niti poprečnu ispruganost. U ovom delu su koncentrisana brojna jedra ćelije. Kod vlakana sa jedarnom vrećicom u srednjem delu postoji proširenje u koje su smeštena brojna jedra ove ćelije. Kod drugog tipa, odnosno vlakana sa jedrima, u lancu ne postoji središnje proširenje; jedra su poredana u lancu koji se nalazi u središtu ćelije. Nervni završeci na krajevima intrafuzalnih vlakana su tanki, tipa *motornih* nervnih vlakana i pripadaju tzv. A- gama-motomnim vlaknima. Nervni završeci u srednjem delu ovih vlakana su, u stvari, senzorni završeci. Oni primaju i odvođe informaciju o stanju zategnutosti cele ćelije. To su debela mijelinizirana vlakna iz grupe A- beta-vlakna. Za njih je karakteristično da brzo prenose informacije prema centralnom nervnom sistemu. Nervni završetak je spiralno obavijen oko dela ćelije sa jedrima (tzv. anulospiralni završetak) ili je raspoređen lepezasto (engl. flower spray ending).

Mišićna vretena su izvanredno osetljivi merni instrumenti koji stalno šalju isti broj impulsa u centralni nervni sistem.



Slika 2.13. – Šematski izgled intrafuzalnih vretena su inervirani: I a – oba tipa mogu imati anulospiralni i lepezasti senzorni početak; II u – senzorni početak koji samo ide na vlakno sa jednim lancem (poseban nervni spoj)

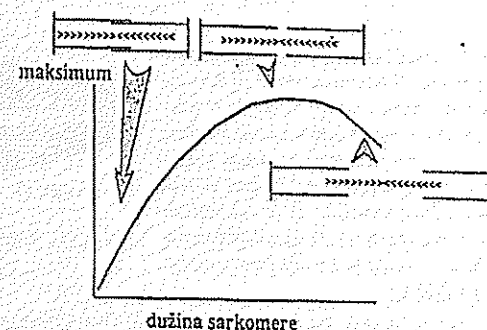
Princip rada ovih vlakana je princip povratne sprege. Ako se ova vlakna skraćuju zbog nove dužine celog mišića, njihov centralni deo se isteže, što uzrokuje snažno odašiljanje impulsa prema kičmenoj moždini, gde nastaje razdraženje motornih jedara za taj mišić i on se kontrahuje. Ovo se dešava u slučaju skraćivanja dužine mišića, a samim tim i dužine intrafuzalnog vlakna. To stanje smanjuje i potpuno prekida slanje impulsa kroz senzorna vlakna. Tako mišić postiže svoju novu zadatu dužinu. U slučaju podizanja nekog tereta, prvo nastaje istezanje mišićnog vretena, koje preko opisanog puta izaziva kontrakciju samoga mišića. Ovo istezanje, a zatim i sama kontrakcija, na taj su način tačno dozirani u skladu sa veličinom tereta koji se podiže. Trenutno istezanje ovih receptora izaziva refleksnu kontrakciju odgovarajućeg mišića, što se dešava pri neurološkom ispitivanju refleksa nekih skeletnih mišića.



Kineziologija

1531

Slika 2.14. – Odnos snage mišićne kontrakcije i početne dužine mišićnog vlakna. Miozinske niti su prikazane simbolom.



Drugi mehanizam koji omogućuje kontrolu snage kontrakcije jeste početna dužina mišićnog vlakna pred kontrakciju. Utvrđeno je da je, pri maksimalnom stimulisanju, odgovor mišića, tj. maksimalna kontrakcija promenljiva. Ako je mišić prethodno lako istegnut, maksimum je veći. Pri suviše velikom istegnuću maksimum se smanjuje.

Objašnjenje za ovu pojavu je jednostavno: kontrakcija je utoliko veća utoliko ima više aktivnih spojeva miozinskih glavic sa aktinom. Pri „skupljenom“, tj. neistegnutoj mišiću deo aktivnih niti se duplira i to smanjuje broj mogućih kontakata miozinskih glavic sa aktinom pri započinjanju kontrakcije. S druge strane, pri veoma istegnutoj mišiću, aktinske i miozinske niti se toliko međusobno udalje da se praktično i ne dodiruju. Na slici 2.14 šematski je predstavljena zavisnost odnosa dužine sarkomere kada je mišić skupljen (a), kada je položaj optimalan (b) i kada je mišić neadekvatno i previše istegnut (c).

Snaga mišićne kontrakcije zavisi i od broja motornih jedinica koje su razdražene i uvučene u proces kontrakcije. Od drugih faktora, na snagu će delovati stanje zamora mišića, a takođe i vrsta mišića koji se kontrahuje.

Snaga mišićne kontrakcije stepenuje se na *maksimalnu*, *submaksimalnu*, *srednju* i *minimalnu*. Maksimalna snaga je apsolutni maksimum podizanja nekog tereta, a može se meriti i pri- uskom koji su mišići u stanju da proizvedu. Da bi se ostvarila maksimalna snaga, treba da su zadovoljena sledeća tri uslova:

- sve motorne jedinice moraju biti aktivirane,
- mora nastati potpuni (glatki) tetanus,
- mišić počinje kontrakciju sa dužinom karakterističnom za mirovanje.

Maksimalna snaga zavisi od broja mišićnih vlakana i od njihove debljine. Debljina vlakana može se menjati kao posledica stalnih aktivnosti (npr. treninga), što se naziva *radna hipertrofija mišića*. Na taj način raste i veličina njihovog poprečnog preseka.

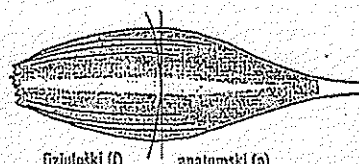
Postoji *anatomski poprečni presek*, koji podrazumeva presek mišićnih vlakana pod pravim uglom u odnosu na uzdužnu osu mišića, i *fiziološki poprečni presek*, koji podrazumeva presek mišićnih vlakana pod pravim uglom u odnosu na pravac pojedinih vlakana (sl. 2.15). Kod vretenastih mišića ovi preseki se bitnije razlikuju, a kod perastih mišića fiziološki poprečni presek je znatno veći od anatomskog.

Apsolutna maksimalna snaga nekog mišića je snaga koju on ostvaruje, a meri se količinom tereta koji je u stanju da u tom trenutku podigne. Može se izračunavati za jedan mišić ili



Grupa autora
154/

za grupu mišića (sinergista) i izražava se u kilogramima. Vrednost apsolutne maksimalne snage razlikuje se od mišića do mišića. Sasvim je sigurno da neki mali mišić (mišići pokretači očne jabučice) ima znatno manju snagu od četvoroglavog mišića buta ili dvo-glavog mišića nadlaktice. Još je karakterističniji primer velikog sedalnog mišića (*m. gluteus maximus*) koji je u stanju da sam oslavi silu od 1200 kg!



Sliku 2.15. – Anatomski (a) i fiziološki (f) poprečni presek mišića

Izračunalo se da bi ukupna snaga svih mišića u telu odraslog mladog muškarca mogla da dostigne vrednost dovoljnu da se podigne teret od 22 000–23 000 kg (23 tone!). Ovo su, naravno, samo teoretska izračunavanja, praktično je nemoguće jednovremeno ostvariti maksimalnu kontrakciju svih mišića, u retke su i situacije kod nekih mišića manjih grupa mišića. Zbog toga je takva poređenja snage između raznih mišića besmisleno i praviti, pa je uveden pojam relativne maksimalne mišićne snage.

Relativna maksimalna snaga nekog mišića predstavlja vrednost maksimalne snage po jedinici njegovog fiziološkog poprečnog preseka. Čovekovi skeletni mišići su u stanju da ostvare pritisak ili tenziju od oko 3–4 kg (po ruskim autorima i do 7 kg) po kvadratnom centimetru svog poprečnog preseka. Kako mnogi mišići tela imaju velike površine poprečnog preseka, sila koju su oni u stanju da razviju zaista je velika. Na primer, mišić potkolenice (*m. gastrocnemius*) ne samo da održava težinu celog tela i onoga što se dodatno nosi (na primer, pri penjanju uz stepenice), već može uspešno da prevlada i nekoliko puta veću silu u slučaju kada se skače sa visine i kada telo dobija još i ubrzanje zemljine težine.

Kontrakcija submaksimalne snage je znatno češća i vezuje se za proizvodni rad. Zamor kod ovako snažne kontrakcije javlja se kasnije, posle 10–20 minuta do pola sata rada (zavisno od toga koliko je kontrakcija manja od maksimuma).

Kontrakcije umerene jačine mogu se izvršavati i duže vreme bez pojave većeg zamora. Uglavnom su karakteristične za proizvodni rad fizičkih radnika. Rad u takvim uslovima daje najbolje rezultate.

Minimalna snaga kontrakcije dobija se pri minimalnom opterećenju mišića. U celom mišiću dolazi do maksimalne kontrakcije samo malog broja motornih jedinica, čime se dozira snaga njegove kontrakcije. Veličina spoljašnjeg rada je u tom slučaju zanemarljiva, pošto je teret koji se savladuje mali.

Merenje snage mišića u toku dana pokazuje da postoje fiziološke varijacije njene vrednosti čak do $\pm 10\text{--}20\%$. Međudnos ili korelacija između pojedinih mišićnih grupa iste osobe pokazuje raspon od veoma slab do vrlo visok, što zavisi i od grupe mišića koja se ispituje.

FAKTORI KOJI UTIČU NA SNAGU MIŠIĆNE KONTRAKCIJE

Mišićna snaga je podložna različitim spoljašnjim i unutrašnjim uticajima. Ona je promenljiva kategorija. Od činilaca koji mogu imati ulogu u menjanju veličine snage mišića značajna su njegova prethodna stanja (zamor, zagrevanje mišića i sl.). Zamor će svakako uticati na aktivnost ukoliko se osoba nije dovoljno dobro odmorila. U početku se zaostali zamor ne mora



Kincziologija
155/

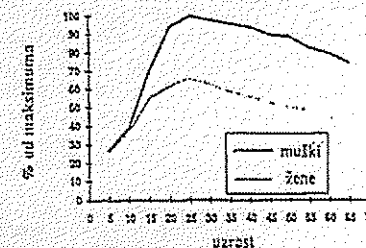
ispoljavati kao faktor koji utiče na snagu kontrakcija, ali se snaga znatno brže smanjuje, pošto brzo nastupa novo zamaranje i iscrpljenje mišića. Prema tome, nova aktivnost će trajati znatno kraće, a kontrakcije će biti smanjene. Sportisti se pre sportskih aktivnosti zagrevaju. Ono započinje vežbama nespecifičnog zagrevanja, tj. vežbama opšteg tipa (vežbe oblikovanja i istezanja, razna trčanja i sl.). Potom dolaze na red vežbe specifičnog zagrevanja, kada se ponavljaju pokreti karakteristični za tu sportsku disciplinu (trčanje kod trkačkih disciplina ili pokreti bacanja kod bacačkih disciplina, obično sa odgovarajućom spravom). Zagrevanje pozitivno utiče na kasniju sporisku aktivnost i omogućuje bolji učinak, pa i jaču kontrakciju, što nije samo posledica podizanja temperature u grupama mišića koji rade već je rad znatno efikasniji jer su i ostali sistemi – kardiovaskularni, respiratorni i drugi, povećali svoje aktivnosti i spremnije dočekuju nove zahteve.

Kako se vidi, snaga mišića zavisi od većeg broja faktora, ali značajne su i polne razlike. Žene imaju samo oko 70% površine sporih vlakana i oko 85% površine brzih vlakana u poređenju sa prosečnim muškarcem. Ukupna količina mišićne mase kod žena je manja. Osim toga, prosečna žena je niža i lakša od muškarca. Svi ovi činioci zajedno utiču na to da su prosečne vrednosti za odraslu ženu oko 65–80% od snage muškarca istih godina. Ali, ne treba pogrešno zaključiti da su mišići žene drugačiji ili bitno slabiji. Današnja ispitivanja pokazuju da je kod žena moguće postići isti razvoj snage mišićne kontrakcije kao i kod muškarca. To se vidi u sve većem uključivanju žena u ranije isključivo muške sportske grane, a takođe i u tipu treninga kojem se podvrgavaju (teretana, maratonsko trčanje i dr.).

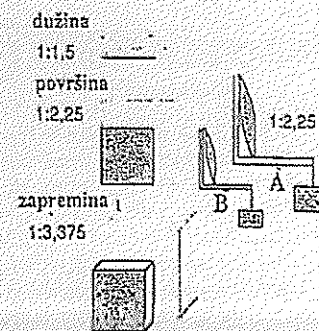
Mišićna snaga i uzrast. – Sa uzrastom raste i mišićna snaga i svoj maksimum dostiže u periodu između 20 i 30 godina. Procesom treninga može se povećati apsolutna snaga, ali i produžiti vreme njenog održavanja ili smanjiti opadanje snage mišića. Na slici 2.16. vidi se dijagram koji pokazuje odnos promena snage tokom procesa starenja za muškarce i za žene.

Na maksimalnu snagu mišića znatno utiče i opšti razvoj, kako to pokazuje antropometrija.

Ako se zamisli 2 kocke različite veličine, moguće je tako izračunati odnose između njihovih dužina, površina i zapremina, ukoliko se poznaje razlika dužine stranica (sl. 2.17). Ako je odnos stranica 1:1, onda je odnos površina 1:1, a zapremina 1:1.



Slika 2.16. – Promene snage tokom uzrasta kod muškaraca i žena



Slika 2.17. – A) Odnos između linearnih, površinskih i volumenskih veličina dva slična tela; B) odnos snaga dve osobe različite visine



Grupa autora

1561

Dve osobe iste visine imaju takode približne međusobne odnose površina (kao što je površina tela, respiratorna površina pluća i dr.) i zapremine (količine krvi u telu ili vitalni kapacitet pluća). Međutim, ako se uporede dva detetka od kojih je jedan visok 120 cm a drugi 180 cm, očigledno je da je odnos njihovih visina 1:1.5. Odnos njihovih površina će biti 1:1.5² ili 1:2.25, dok će odnos zapremine biti 1:1.5³, odnosno 1:3.375. I svi dinamički parametri, kao što je sila mišićne kontrakcije, količina spoljašnjeg rada i drugi, pokazuju takav međusobni odnos. Tako će i poprečni presek pojedinog mišića biti kod većeg detetka veći za 2.25 puta. Kako je već ranije objašnjeno, maksimalna mišićna snaga je srazmerna veličini poprečnog preseka mišića i ona će kod većeg detetka biti 2.25 puta veća, što znači da će on biti u stanju da podigne za toliko veći teret. Može se postaviti pitanje veličine poluge – jer i kosti linearno rastu, pa se i poluga povećava, ali to se kompenzuje time da su ova kraka poluge linearno porasli – pa je odnos kraka poluge sile i kraka poluge tereta ostao nepromenjen. Na slici 2.17. to ilustruje odnos obeležen velikim i malim slovom a.

Efikasnost mišićne kontrakcije

Kako su mišići „mašine koje pretvaraju hemijsku energiju u mehaničku“, treba imati u vidu njihov rad i njihovu mehaničku efikasnost. Pod efikasnošću se podrazumeva *koliko energetski „košta“ određena aktivnost*, tj. koliki je deo ukupnog energetskog rashoda usmeren na spoljni rad. Na primer, pri podizanju tereta obavlja se spoljašnji rad, ali se pri tome deo energije troši i za savladavanje unutrašnjih elastičnih sila u tetivama i vezivnom tkivu, dakle, na unutrašnji rad. Međutim, ako se kontrakcija obavlja u izometrijskim uslovima, kada nema skraćivanja mišića, tada ne postoji ni spoljašnji rad. Sigurno je da ova kontrakcija zahteva određenu količinu energije i izaziva brzu pojavu zamora.

Rad mišića može se izračunati prema formuli iz fizike:

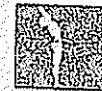
$$\text{RAD} = \text{SILA} \times \text{PUT}, \text{ tj. } W = F \times S.$$

Sila se meri u *njutnima*, put u *metrima*, pa je jedinica rada:

$$N \times m \text{ ili džul (Joule).}$$

Sa fiziološke tačke gledišta, rad koji obavlja mišić je sila (koju mišić razvije) pomnožena sa dužinom trajanja kontrakcije, bez obzira da li se mišić skratio ili nije. Ako se analizira dinamička kontrakcija, mišić se ili *skraćuje*, kada se govori o koncentričnoj kontrakciji i *pozitivnom radu*, ili se *izdužuje*, kada se govori o ekscentričnoj kontrakciji i *negativnom radu*. Ovo je moguće objasniti jednostavnim primerom dve osobe koje se igraju „obaranja ruke“. Pobeđeni će i pored maksimalne kontrakcije imati *izduživanje* mišića ruke, ekscentričnu kontrakciju i negativan rad. Za istu dužinu skraćivanja ili produženja mišića u pozitivnom i negativnom radu energetski utrošak nije isti. Energetski rashod je manji kod pozitivnog rada, što znači da je efikasniji od negativnog rada.

Veličina spoljnog rada je promenljiva i zavisi od više faktora. Količina spoljnog rada je najveća ako se on obavlja u zoni srednjih opterećenja. Spoljašnji rad takođe zavisi i od brzine mišićne kontrakcije. I u ovom slučaju je merenjem pokazano da je rad najveći pri *srednjim brzinama* skraćivanja mišića. Ako se mišić skraćuje velikom brzinom, kao što je slučaj kod velike frekvencije pokreta (vrlo brzo trčanje, brzo mahanje rukom), veliki deo energije se troši na savladavanje sila unutrašnjeg trenja u mišiću. Pri tom, što je brzina pokreta veća, raste i sila unutrašnjeg trenja mišića. Deo energije se potroši i na inhibiciju – kočenje započetog pokreta aktiviranjem mišića antagonista. Ako je pokret sporiji, tada nema velikog rasipanja energije.



Kineziologija

1571

Prilikom mišićne kontrakcije jedan deo energije utroši se na skraćivanje vlakana, jedan deo odlazi na savladavanje sila unutrašnjeg trenja, a veći deo energije prelazi u toplotu. U izometrijskoj kontrakciji *sva* oslobođena energija pretvara se u toplotu, dok je u drugim vrstama kontrakcije to *samo deo* energije, obično veći. Energija koju mišić oslobodi mora biti jednaka zbiru energije potrebne za kontrakciju, energije koja je utrošena na obnavljanje ATP (depoa energetske fosfata) i energije pretvorene u toplotu. Energija koja se utroši na skraćivanje mišića je promenljiva i zavisi od vrste rada. Danas je moguće merenje proizvodnje toplote u mišiću veoma preciznim metodama (termo-par elektrode).

Ukupna toplota koju mišić oslobodi može se podeliti na toplotu mirovanja, inicijalnu toplotu i toplotu oporavka.

Toplota mirovanja je ona količina toplotne energije koja se oslobađa tokom mirovanja, kao posledica metabolizma mišića. Inicijalna toplota je višak toplotne energije koji se oslobađa tokom kontrakcije, čija je vrednost iznad vrednosti u mirovanju.

Pošto se kontrakcija mišića obavi, proizvodnja toplote se nastavlja i može trajati i do 30 minuta. To je toplota oporavka, koju je posledica metaboličkih procesa povratka mišića u prvobitno stanje. Po veličini, toplota oporavka jednaka je inicijalnoj toploti kontrakcije. Toplota koja se stvara u mišiću doprinosi poboljšanju njegovih radnih sposobnosti. Međutim, prekomerno stvaranje toplote može da smanji radnu sposobnost. Prema tome, pravilno zagrejan mišić uvek će pokazivati bolju radnu sposobnost nego mišić koji nije zagrejan. Efikasnost mišićne kontrakcije može se izraziti kao mehanička efektivnost. Prema definiciji, mehanička efektivnost (ME) bila bi:

$$ME = \frac{\text{obavljeni rad}}{\text{ukupna potrošnja energije}}$$

Mehanička efikasnost izražava se u procentima od neke apsolutne vrednosti i izračunava prema sledećoj formuli:

$$ME = w \times 100 / E - c,$$

gde je *w* oznaka za količinu rada (engl. *work*), *E* količina oslobođene energije tokom rada, a *c* oznaka za količinu energije koju organizam za isto vreme potroši u mirovanju.

Primer: ako se pretpostavi da neka osoba svakog minuta podiže teret od 20 kg na visinu od 20 m i da to traje 10 minuta, ukupan rad će biti:

$$200 \text{ kg} \times 20 \text{ m} = 40 \text{ kJ.}$$

Masa od 1 kg daje silu od 9.81 njutna; sila = masa $\times$ ubrzanje (9.81). Prema tome, 200 kg daje približno 2 000 njutna $\times$ 20 m = 40 000 džula ili 40 kJ. Međutim, izmereno je da osoba za ovaj rad utroši 20 kJ za minut, a kako rad traje 10 minuta, ukupno je utrošeno 200 kJ energije. Od te vrednosti treba oduzeti potrošnju u mirovanju (vrednost je oko 3-4 kJ u minutu za zdravu osobu ili 40 kJ za 10 minuta), rezultat je 160 kJ utrošenih za rad. Efikasnost rada može se izračunati primenom ranije date formule:

$$ME = \frac{40 \times 100}{200 - 40} = \frac{40}{160} \cdot 100 = 25\%.$$

Obično se količina utrošene energije (*E*) izražava veličinom potrošnje kisika u minutu (V_{O_2}) tokom trajanja rada. Ovakva procena je više „biološka“ i u tom slučaju se može primeniti sledeća formula:



Grupa autora
1581

$$R_{\text{K}} = 49,9 \cdot \frac{W}{V_{O_2}} \cdot 100.$$

U formuli je 49,9 koeficijent ekvivalentnosti između mehaničkog rada i potrošnje kiseonika i pokazuje da se za rad od 1 kJ utroši 49,9 (skoro 50) ml kiseonika.

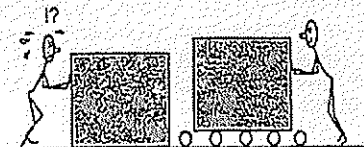
Tako, ako je za neki rad od 12 kJ utrošeno ukupno 3 000 ml kiseonika, tada je efikasnost toga rada:

$$R_{\text{K}} = 49,9 \cdot \frac{12}{3000} \cdot 100 = 19,96\%$$

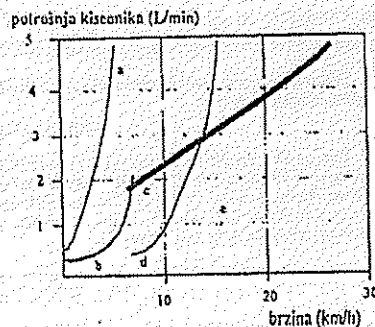
Ipak, treba imati na umu da je stvarna efikasnost u prethodnom slučaju nešto veća, pošto je ovde iskazana ukupna potrošnja kiseonika.

Efikasnost mišićnog rada je promenljiva vrednost i zavisi od niza uslova. Ako se ispituje u idealnim uslovima u laboratoriji (na biciklu-ergometru ili pri penjanju na stepenice), mehanička efikasnost može dostići 20–25%. Ovo znači da se u radu mišića oko 75–80% energije pretvara u toplotu, a samo jedna petina (ili četvrtina) energetski pokriva mišićnu aktivnost. U nekim kretanjima, kao što su trčanje, skakanje i dr., efikasnost može dostići oko 30%. Efikasnost se takođe može poboljšati za oko 10% i dobrom sinhronizacijom kontrakcija pojedinih vlakana u jednom mišiću, ali i sinhronim skraćivanjem svih mišića uključenih u taj pokret. Do sinhronizacije pokreta dolazi se procesom treninga.

Od posebnog je značaja način na koji se izvodi određena aktivnost. Neki teret se može preneti tako što će se gurati po hrapavom podu ili po podu namazanom nekim sredstvom, po ledu ili na valjcima (sl. 2.18). U svim ovim slučajevima pojavljuje se i faktor trenja o podlogu. Teret se može nositi u ruci, kada je faktor trenja vezan samo za otpor vazduha. Od posebnog je značaja kvalitet podloge na kojoj se obavlja kretanje. Treba samo zamisliti kros na raskvašenom terenu ili maraton u uslovima tropske vrućine i shvatiti koliko je povećan gubitak energije kod takmičara. Otpor vazduha kretanju pri malim brzinama je zanemarljiv, dok pri većim brzinama osoba mora da utroši izvesnu količinu energije za savladavanje otpora vazduha. U najnepovoljnijoj situaciji su plivači koji se kreću kroz veoma gustu sredinu. Zbog toga je za kretanje plivača potrebno najviše energije i njihov rad je najmanje efikasan.



Slika 2.18. – Na efikasnost rada utiče i način na koji se aktivnost izvodi. Najveću energiju zahteva vučenje ili guranje po hrapavoj podlozi (levo na slici).



Slika 2.19. – Brzina kretanja u odnosu na potrošnju kiseonika (energiju): a – plivanje, b – mimo hodanje, c – trčanje, d – veslanje, e – vožnja bicikla



Kineziologija
1591

Prema raznim merenjima u sportsko-medicinskim laboratorijama, efikasnost rada u pojedinim sportskim disciplinama je potpuno različita. Merenja su vršena u odnosu na energetsku potrošnju, koja se meri potrošnjom kiseonika za određeni rad. Ova ispitivanja prikazana su na grafiku (sl. 2.19), koji daje aktivnosti nekoliko sportskih disciplina, sa podacima o brzini kretanja i ostavrenoj potrošnji kiseonika, uzetaj kao merilo energetskih rashoda tokom rada. Prva linija, označena sa a, predstavlja energetske rashode u odnosu na brzinu kretanja kod plivača, druga linija, označena sa b, karakteristična je za mirno hodanje po ravnom terenu, linija c prikazuje rezultate potrošnje pri trčanju, linija d odnosi se na potrošnju energije kod veslača, a linija e linija na bicikliste. Kako se vidi, biciklisti prelaze određeni put sa mnogo manjom energetskom potrošnjom u poređenju sa ostalim sportovima. Ispitivanja pokazuju da je rad najefikasniji ako se obavlja u zoni srednjih opterećenja, a ujedno i srednjom brzinom pokreta. Tako je pri hodanju najmanji utrošak energije pri brzini od 3,8 – 4,3 km/sat. Energetski rashod i pri manjim i pri većim brzinama raste proporcionalno dodatnom opterećenju (težina cipela i dr.). Pri laboratorijskom testiranju efikasnosti na biciklu-ergometru najveća efikasnost je dobijena prilikom okretanja pedala od jednog ciklusa u minutu. Povećavanjem brzine na 2, 3 ili više okreta efikasnost opada.

Ukoliko je osoba bila podvrgnuta radu vrlo visokog intenziteta, tada aerobni procesi glikolize ne obezbeđuju dovoljnu količinu energije, pa se organizam prebacuje na dodatno obezbeđenje energije. Pošto tada radi anaerobno, organizam se u stvari zadužuje i stvara kiseonični dug, koji se kasnije mora otplatiti povećanim disanjem i povećanom potrošnjom kiseonika.

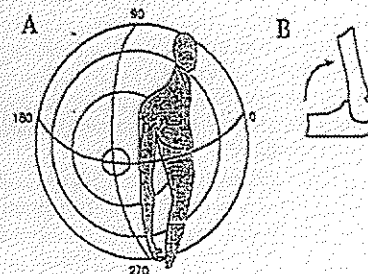
Na kraju treba ukazati da na efikasnost mišićnog rada veoma mnogo utiče i stepen obučenosti osobe za određenu vrstu aktivnosti. Majstor uvek radi sa manje napora nego njegov učenik (šegrt). Dok se osoba obučava u novoj motornoj aktivnosti, njena potrošnja energije je nesrazmerna stvarnim potrebama. Naime, onaj koji uči svakako pravi brojne suvišne pokrete ili kontrakcije mišića, koji ne dovode do valjanog izvođenja traženog pokreta.

Podela mišića prema ulozi u koordiniranoj radnji

Mišići su efikasni pretvarači hemijske energije u mehaničku, čime ostvaruju spoljašnji rad. Kakav će biti efekat njihove kontrakcije i koliki će rad obaviti – zavisi od košanih poluga koje oni pokreću. Efekat mišićne kontrakcije zavisi od samog mišića, vrsta vlakana, od položaja pripoja u odnosu na pravac mišićnih vlakana i od prethodnog stanja mišića. U ostvarivanju određenog pokreta retko učestvuje samo jedan mišić. Najčešće je u pitanju koordinisana, tj. usklađena akcija većeg broja mišića, od kojih jedni pomažu izvođenje pokreta, dok drugi ograničavaju ili sprečavaju pokret.

U pojedinim zglobovima moguće je obaviti veliki broj pokreta, pa se kaže da ti zglobovi imaju veliki stepen slobode (rameni zglob i zglob kuke, sl. 2.20).

Da bi se u njima obavio precizan pokret, potrebno je da se zglob fiksira, čime se ograničava stepen njegove slobode. To se postiže aktivnim kontrakcijama različitih mišićnih grupa. Druga grupa zglobova je tako



Slika 2.20. – Šematski prikaz zglobova sa raznim stepenima slobode: A) rameni zglob, sa mogućnošću pokretanja za 360 stepeni u polukruhu; B) kukni zglob sa jednim pravcem pokreta od 180 stepeni (polukrug)



Grupa autora

1601

konstruisana da je moguće obaviti jedan do dva pokreta. Takvi zglobovi nemaju veliki stepen slobode, pa će imati samo jedan određeni pokret, za koji nije neophodno veća fiksiranje. Tipičan primer za takve zglobove je lakatni zglob.

Agonisti. – Agonisti su mišići koji svojom kontrakcijom izvede određeni pokret. Ako je u pitanju fleksija podlaktice, svi mišići koji učestvuju u izvođenju tog pokreta svrstavaju se u grupu agonista (za ovu grupu mišića koristi se i termin *protagonisti*). Grupa mišića agonista je anatomski određena prema pripojima mišića i prema mogućnostima pokretanja određenog zgloba. Ovi mišići započinju neku radnju koja zavisi od vrste pripoja i od pravca vlakana. Obično i inervacija ovakvih mišića ima sličnosti. Zavisno od pripoja i vrste zgloba, pojedini mišići ostvaruju veoma kompleksne uloge agonista. Tako se pominje dvoglavi mišić ruke (*m. biceps brachii*), koji zahvaljujući svojim pripojima može da menja položaj kostiju ramenog pojasa i izvrši pokrete i podlaktice i nadlaktice.

Kako u ostvarivanju pokreta postoje mišići koji su dominantni, oni se nazivaju i glavni ili primarni agonisti. S druge strane, svi oni mišići koji omogućuju dobro obavljanje pokreta svrstavaju se u grupu *pomoćnih agonista*. Njihova kontrakcija olakšava izvođenje pokreta.

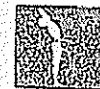
Uloge pomoćnih agonista su različite. Tokom obučavanja neke nove motorne radnje pomoćni agonisti u velikoj meri učestvuju u izvođenju pokreta. Onog trenutka kada počne utvrđivanje nove motorne radnje, pomoćni agonisti se polako i postepeno isključuju. Tada se ceo pokret izvodi kontrakcijom glavnih agonista. Prema tome, značaj pomoćnih agonističkih mišića u procesu obučavanja je veliki. U slučajevima otkazivanja nekog glavnog agonista (*paraliza*) funkciju u celini ili, češće, deo funkcije u pojedinom pokretu mogu preuzeti i ostvariti pomoćni agonisti.

Antagonisti. – Mišići čijom se kontrakcijom zaustavlja ili onemogućava neki pokret koji su započeli agonisti zovu se *antagonisti*. Najjednostavniji primer međusobnog antagonističkog delovanja su mišići fleksori i mišići ekstenzori. Održavanje uspravnog položaja tela i ispružanje ekstremiteta je funkcija ekstenzora, a suprotan pokret – savijanje tela, ruke ili noge u funkciji je fleksora. S druge strane, uloga antagonista je veoma značajna u ostvarivanju koordinisanih i preciznih pokreta. Svi precizni pokreti mogu se obaviti samo zajedničkom akcijom agonista i antagonista. Pri tom su obe grupe mišića u stalnoj kontrakciji, pa se preko regulatornih mehanizama čas povećavaju a čas smanjuju impulsi u jednoj ili drugoj mišićnoj grupi, čime se postiže preciznost u obavljanju pokreta.

Pojedini mišići imaju prvenstveno ulogu u održavanju poze i položaja tela. Svaka dobro fiksirana poza je osnova za uspešno izveden pokret. Mišići koji fiksiraju telo ili deo tela i obezbeđuju dobar početni položaj za određeni pokret nazivaju se stabilizatorni mišići. Na primer, da bi se obavilo bilo kakvo podizanje nekog teškog predmeta rukama, mora se stabilizovati grudni koš, pošto je on oslonac za rameni pojas. To stabilizovanje se odvija kroz dve faze. U prvoj fazi se uda, zatim se refleksno zatvore disajni putevi, a istovremeno se snažno kontrahuju međurebarni (unutrašnji) mišići i dijafragma. Pluća privremeno prekidaju disajnu funkciju ali su sve koštane poluge u grudnom košu fiksirane i nepokretne. Tada je moguće da mišići ramenog pojasa pokrenu ruke i da se konačno obavi dizanje tereta.

Postoje mišići koji se kontrahuju zajedno sa agonistom. Takvi mišići se ponekad izdvajaju u posebnu grupu i nazivaju *sinergistima*. Postoji i mišljenje da se svi oni mogu svrstati u agoniste.

Posebnu podgrupu *sinergista* čine neutralizatori. To su mišići koji svojom kontrakcijom sprečavaju neželjeni pokret ili samo njegovu komponentu.



Kineziologija

1611

KOORDINACIJA POKRETA

Voljni pokreti čoveka su koordinisane motorne radnje. Zahvaljujući odgovarajućem programu akcije, koji se stvara u centralnom nervnom sistemu, nastaje tačna šema pokreta ili grupe pokreta. Prema tom programu pojedini mišići ili grupe mišića se vremenski precizno uključuju. Takođe se tačno dozira i jačina kontrakcije. Kontrola ovakvog pokreta ostvaruje se preko senzornih – prijemnih impulsa sa raznih receptora. Zatim se uključuju sve ranije pobrojane mišićne grupe, svaka sa svojim zadatkom, u okviru plana koordinisane akcije. Tako agonisti započinju pokret, antagonisti ga modifikuju po amplitudi i zaustavljaju, sinergisti (i jednih i drugih) aktivno pomažu razvoj pokreta.

Koordinisani pokreti su najčešće različiti voljni pokreti. Oni se mogu razlikovati po brzini, snazi, frekvenci i amplitudi.

Pasivnim pokretanjem tela ili nekih njegovih delova koordinira (ili ne koordinira) neka spoljna sila. Primer: pokretanje bolesnikovih ekstremiteta ili delova ekstremiteta od strane terapeuta. Takvi pokreti se uslovno mogu podeliti na tri potkategorije.

Manipulacije su radnje u kojima se bolesnikovo telo ili delovi tela pokreću dejstvom neke spoljne sile (terapeut). Tom prilikom se suznaje kakvu predstavu bolesnik ima o položaju svoga tela u prostoru, zatim o položaju delova tela i o mogućnostima pasivnog pokretanja u pojedinim zglobovima.

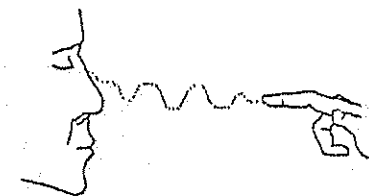
Inercijalni pokreti predstavljaju nastavak kretanja ako je telo već bilo u pokretu. Nastavak kretanja može biti bez ikakve kontrakcije mišića, kao pri klizanju na ledu. Međutim, potpuno pasivne inercijalne kretanje su reke, jer i klizanje na ledu zahteva kontrakcije posturalnih mišića u cilju održavanja ravnoteže.

Gravitacioni pokreti nastaju pod dejstvom gravitacije, bilo da je reč o padu tela ili dela tela – paralizanog ekstremiteta.

U složene pokrete spadaju pokreti balističkog tipa. Ovi pokreti predstavljaju koordinisanu radnju koja je tako brza da ne postoji mogućnost nikakve korekcije u toku njegovog obavljanja. Pokreti počinju snažnim, ponekad maksimalnim kontrakcijama određene grupe mišića, ali bez akcije njihovih antagonista. Posle toga sledi inercijalna faza pokreta, a zatim se uključuju antagonisti i okončavaju pokret.

Ciljni pokreti. – Ovi pokreti se odlikuju preciznošću u izvođenju i dobrom koordinacijom agonista i antagonista, kako bi se tačno dozirale snaga, brzina i amplituda pokreta. To se, pre svega, odnosi na čovekove aktivnosti uz upotrebu različitog alata (primer: zavrtnje nekog zavrtnja).

Tokom obavljanja svakog, pa i najjednostavnijeg pokreta, postoji stalna mogućnost pogrešne procene, upućivanja pogrešnih signala u izvršne organe, ali i stalne korekcije putanje pokreta. Značajnu ulogu u korekciji ima i čulo vida. Zbog toga se testa-



Slika 2.21. – Pacijent pokušava zatvoriti oči i rukom dotakne vrh nosa. Vidljiv je tremor. Iscrtna putanja pokazuje da je pacijent promašio cilj.



Grupa autora

/ 62 /

vi za proveru koordinacije sprovode zatvorenih očiju. Najčešće, smetnje u koordinaciji pokreta nastaju usled oštećenja malog mozga. Kod njih se stepen ispada funkcije koordinacije može orijentaciono utvrditi sledećim testom: ispitivana osoba zatvori oči, ispruženu ruku postavi u horizontalni položaj u stranu i pokuša da prstima dodirne nos. Putanja takvog pokreta biće praćena podrhtavanjem ruke koja neće pogoditi cilj, a oscilatorno kretanje ruke predstavlja pokušaj ispravljanja te putanje (sl. 2.21).

3. Koštane poluge

Pasivni deo aparata za kretanje predstavljaju kosti, koje u organizmu čoveka imaju višestruku ulogu. Pored osnovne, statičke, znatan broj kostiju ima i kinematičku ulogu. Ovu ulogu kostima omogućavaju mišići, koji određenim vrstama kontrakcija pomeraju one delove tela, tj. segmenata gde se nalaze njihovi tetivni pripoji.

Jedna od osnovnih mehaničkih karakteristika dugih kostiju jeste da se u aparatu za kretanje ponašaju kao poluge. Naime, lokomotorni sistem predstavlja niz poluga čiji je zajednički cilj transformacija mišićnih sila u veće ili manje, u zavisnosti od pokreta i položaja. Poluga utiče na intenzitet mišićne sile tako da mišić manjeg fiziološkog preseka uz pomoć odgovarajuće poluge može razviti veliku mišićnu silu.

TAČKE KOJE DEFINIŠU POLUGU

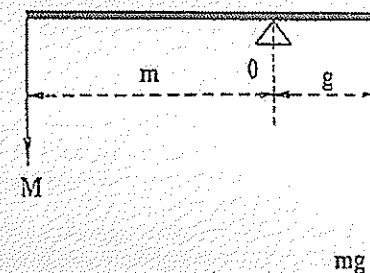
Svaku polugu, bez obzira na vrstu, karakterišu oslonac, napadna tačka sile mišića i napadna tačka sile teže (sl. 3.1).

U sistemu poluga u organizmu, oslonac ili obrtnu tačku predstavlja zglobovi ili mesta u kojima delovi tela kontaktiraju s podlogom. Polugu predstavlja kost na koju se hvata mišić – aktivna sila koja pokreće tu polugu.

Uslov za uspostavljanje ravnoteže na poluzi je dejstvo dve sile. U lokomotornom sistemu te dve sile su sila Zemljine teže (mg) i sila mišića (M).

Rastojanje sile (bilo Zemljine teže bilo mišića) od oslonca naziva se krak sile i predstavlja najkraće rastojanje od tačke oslonca do napadne linije sile.

Ravnoteža na poluzi može se izraziti formulom: $mg \times g = M \times m$, gde je mg – sila Zemljine teže, g – njen krak, M – sila mišića, m – njen krak, za neki oslonac O .



Slika 3.1. – Tačke koje definišu polugu:
O – oslonac, M – sila mišića, m – krak sile mišića,
mg – sila Zemljine teže, g – krak sile teže

VRSTE POLUGA

Kao i u fizici, u zavisnosti od odnosa tačke oslonca, tačke dejstva sile teže i tačke dejstva sile mišića, duge kosti lokomotornog aparata mogu biti poluge prvog, drugog i trećeg reda.



Grupa autora
1641

Međutim, za razliku od poluga u fizici, poluge u organizmu nisu stalne jer se pri pokretu i promeni položaja menjaju odnosi sile Zemljine teže i oslonca, menja se krak sile mišića, a u zavisnosti od toga menja se i vrsta poluge.

POLUGE PRVOG REDA

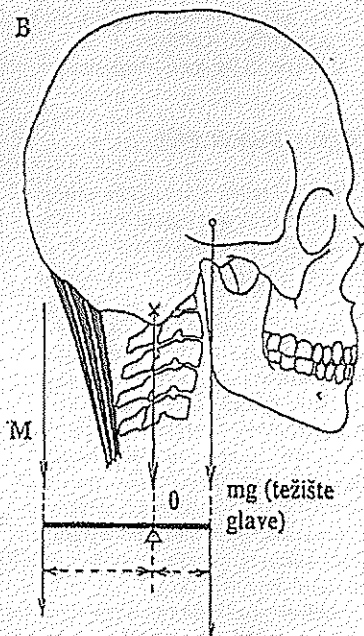
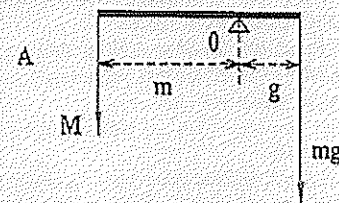
Poluge prvog reda zovu se još i poluge ravnoteže ili dvokrake poluge (sl. 3.2). To su poluge kod kojih se oslonac nalazi u sredini, dok bočno od njega deluju dve sile – sila Zemljine teže i sila mišića (ili obostrano deluju sile mišića). Kada se poluga nalazi u ovom položaju, tj. kada vertikalna spušta se iz težišta pada u tačku oslonca, za održavanje tog položaja potrebna je minimalna mišićna sila koja uslovljava balansiranje segmenata nad osloncem.

Kao poluge prvog reda deluju svi posturalni mišići i, retko, mišići na ekstremitetima.

Primeri: glava u srednjem položaju. Oslonac za pokrete glave je u atlantooccipitalnom zglobu, dok je težište u turskom sedlu (*sella turcica hipotalamusa*). Na vertikalni spuštenu iz težišta nalazi se i oslonac i otuda srednji položaj glave ne zahteva snažne kontrakcije mišića (ekstenzora glave i vrata) jer težište pada na oslonac.

POLUGE DRUGOG REDA

Poluge drugog reda nazivaju se polugama snage (sl. 3.3). To su jednokrake poluge kod kojih sile Zemljine teže i sile mišića deluju na jednoj strani kraka poluge, a oslonac se nalazi na drugoj strani kraka. Na polugama drugog reda ili polugama snage, sile mišića deluje uvek na dužem kraku i zbog toga se uz malu silu savladaju velika opterećenja; što je krak mišićne sile veći, to su uslovi za savladavanje opterećenja povoljniji.

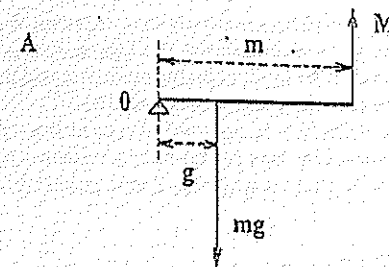


Slika 3.2. – Poluga prvog reda (poluga ravnoteže)
A) grafički prikaz; B) O – oslonac (art. atlantooccipitalis), M – sile mišića, m – krak sile mišića, mg – sile Zemljine teže (težište glave – *sella turcica*), g – krak sile teže

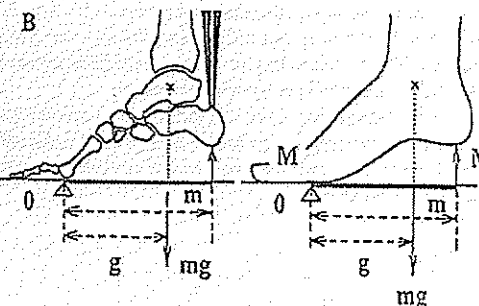


Kineziologija
1651

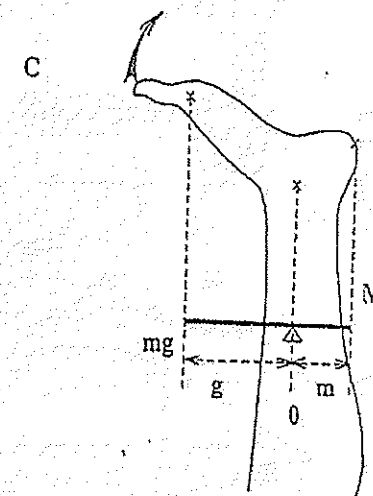
Slika 3.3. – Poluga drugog reda (poluga sile)
A) grafički prikaz: O – oslonac, M – sile mišića, m – krak sile mišića, mg – sile Zemljine teže, g – krak sile teže



B) Održavanje stojećeg stava na prstima (poluga sile): O – kontakt metatarzofalangealnog dela stopala sa podlogom, M – *m. gastrocnemius*, m – krak sile mišića, mg – sile Zemljine teže (jednaka težini tela), g – krak sile teže



C) Promenljivost karaktera poluge živog organizmu (poluga sile – poluga ravnoteže)
O – oslonac, M – sile mišića (*m. gastrocnemius*), m – krak sile mišića, mg – sile Zemljine teže, g – krak sile teže





Grupa autora
1661

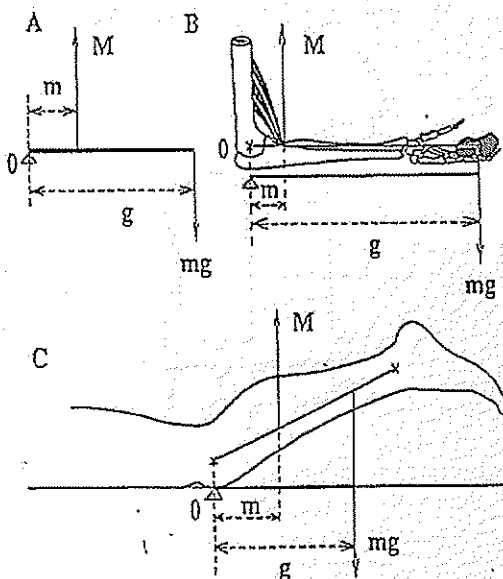
Primer za ovo je održavanje stojećeg stava na prstima uz dejstvo *m. gastrocnemiusa*. On deluje na dužem kraku od sile Zemljine teže koja deluje u predelu I i II metatarzalne kosti. Oslonac ovog položaja je kontakt metatarzofalangealnog dela stopala sa podlogom. *M. gastrocnemius* savlađuje opterećenje koje odgovara težini tela.

Da poluge u čovečjem telu nisu definitivnog karaktera nego su promenljive vidi se iz primera *m. gastrocnemiusa* kada se noga nalazi u suprotnom položaju od opisanog (sl. 3.3 C). Naime, tada mišić iz poluge snage (poluga II reda) prelazi u polugu ravnoteže (poluga I reda).

POLUGE TREĆEG REDA

Poluge trećeg reda predstavljaju poluge brzine (sl. 3.4). Sile mišića kod ovih poluga deluje na kraćem kraku i zbog toga mišić proizvodi veliki obim pokreta jer deluje bliže osloncu. Sile Zemljine teže na ovim jednokrakim polugama deluje na dužem kraku. Poluge trećeg reda nalaze se uglavnom na donjim i gornjim ekstremitetima.

Primer: fleksija podlaktice. Na jednom kraju koštane poluge nalazi se oslonac (laktatni zglobov), na drugom kraju je otpor (težina tega), a mišićna sila deluje između njih. Napadna tačka sile mišića sporije se kreće od napadne tačke sile Zemljine teže. Na taj način se dobija na brzini, ali se gubi na sili.



Slika 3.4. – Poluge trećeg reda:
A) grafički prikaz poluge trećeg reda;
B) podlaktica u položaju trećeg reda: O – oslonac, M – sila mišića, m – krak sile mišića, mg – sila Zemljine teže (jednaka težini podlaktice i šake), g – krak sile Zemljine teže;
C) potkolonica u položaju poluge trećeg reda: O – oslonac, M – sila mišića, m – krak sile mišića, mg – sila Zemljine teže (jednaka težini potkolnice i stopala)



Kineziologija
1671

MIŠIĆ KAO SILA

Mišićna sila se ponaša kao i svaka druga sila u mehanici, što znači kao vektorska veličina. Otuda ima i karakteristike vektora.

1) Intenzitet ili veličina mišićne sile živog organizma je promenljiva veličina i zavisi od velikog broja faktora. Međutim, najznačajniji faktor je fiziološki presek (presek svih mišićnih vlakana pod uglom od 90 stepeni).

Kao i svaka druga sila, i mišićna sila se izražava u njutnima i često se izjednačava sa mišićnim radom.

2) Smer ili pravac delovanja mišićne sile određen je smerom mišićnih vlakana.

3) Mesto delovanja ili napadna tačka sile mišića predstavljena je gornjim i donjim pripojem mišića. Mišić pri kontrakciji deluje podjednako na oba pripojna mesta. Međutim, delovanje je vidljivije u smislu kretanja na donjem pripoju, tako da praktično napadna tačka odgovara centru pokretnog mišićnog pripoja.

4) Pravac ili linija delovanja može biti vertikalna, horizontalna i dijagonalna.

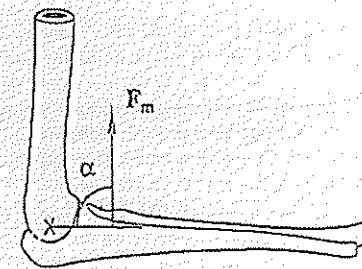
OBRtni MOMENT SILE

Kada se govori o intenzitetu mišićne sile, ugao od 90 stepeni između tetive i koštane poluge je najpovoljniji za razvoj sile, a i mišić pod tim uglom razvija maksimalnu silu.

Primer: sila dvoglavog mišića nadlaktice (*m. biceps brachii*) deluje pod tim uglom kada je podlaktica savijena oko 90 stepeni u odnosu na nadlakticu. Ova se činjenica može matematički izraziti i dokazati. Ako je dinamometrijskim merenjem dobijena veličina mišićne sile bicepsa 20 kiloponda, izračunavanjem napadnog ugla sile mišića, sila dobijena dinamometrijskim merenjem jednaka je stvarnoj, efikasnoj sili mišića koji deluje pod uglom od 90 stepeni (sl. 3.5).

Međutim, ako mišić deluje pod uglom manjim ili većim od 90 stepeni, uočavaju se dve komponente (sl. 3.6. A): a) rotaciona ili komponenta kretanja deluje pod pravim uglom na osovinu podlaktice i uzrokuje rotaciju, pokretanje segmenta oko osovine oslonca i b) kompresivna ili stabilizaciona komponenta deluje od napadne tačke, tj. od pripoja tetive mišića u smeru zgloba i do samog zgloba. Ona omogućava bliskost između dva zglobna tela i obezbeđuje fiksaciju zgloba.

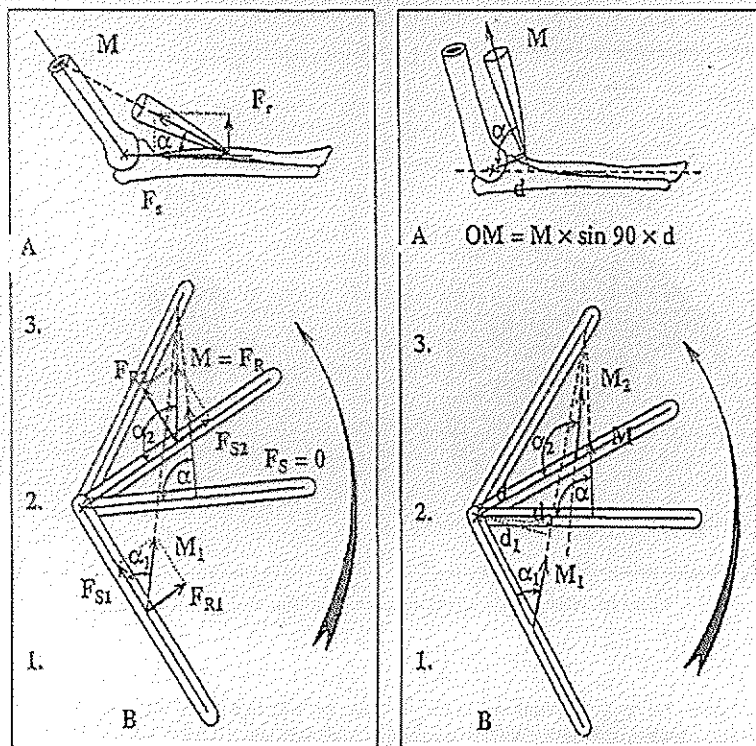
Grafički, dve komponente mogu se prikazati na sledeći način: povlačenjem linije koja je paralelna sa osovinom podlaktice sve do mesta gde se seče sa silom mišića i povlačenjem paralelne linije iz centra zgloba sa vertikalnim pravcem. Tako se dobija veličina komponenti, tj. njih



Slika 3.5. – Napadni ugao:

F_m – sila *m. biceps brachii*, α – napadni ugao sile mišića, F_g – dinamometrijski određena soaga *m. biceps brachii*

$$\begin{aligned} F_m &= F_g \cdot \sin 90^\circ & \alpha &= 90^\circ \\ F_m &= 20 \cdot 1 & F_g &= 20 \text{ kp} \\ F_m &= 20 \text{ kp} \end{aligned}$$



Slika 3.6. – Rezolucija sile mišića

A) M – sila mišića (*m. biceps brachii*), α – napadni ugao sile mišića, F_r – rotatorna komponenta, F_s – stabilizaciona komponenta

B) Dejstvo jednog mišića u različitim položajima:

- 1) α_1 – napadni ugao manji od 90 stepeni, M_1 – sila istog mišića, F_{r1} – rotatorna komponenta (povećana), F_{s1} – komponenta pritiska (smanjena)
- 2) α_2 – napadni ugao od 90 stepeni, M – sila mišića, F_r – rotatorna komponenta (jednaka sili mišića), F_s – komponenta pritiska (jednaka nuli)
- 3) α_3 – napadni ugao veći od 90 stepeni, M_2 – sila istog mišića, F_{r2} – rotatorna komponenta (smanjena), F_{s2} – komponenta pritiska (postaje komponenta razvlačenja)

Slika 3.7. – Obrtni moment $OM = F_d \times \sin 90 \times d$

A) OM – obrtni moment, M – sila mišića, α – napadni ugao sile mišića (od 90°), d – krak sile mišića (distanca, tj. najmanje rastojanje od centra zgloba do mesta delovanja mišića).

B) Obrtni moment sile mišića u različitim položajima:

- 1) M_1 – sila mišića, α_1 – napadni ugao manji od 90 stepeni, d_1 – distanca (krak) sile mišića,
- 2) M – sila mišića, α – napadni ugao od 90 stepeni, d – krak sile istog mišića
- 3) M_2 – sila mišića, α_2 – napadni ugao veći od 90 stepeni, d_2 – distanca (krak) sile mišića



hov grafički prikaz. Promenom ugla između tetive mišića i koštane poluge menja se i veličina mišićne sile (sl. 3.6. B).

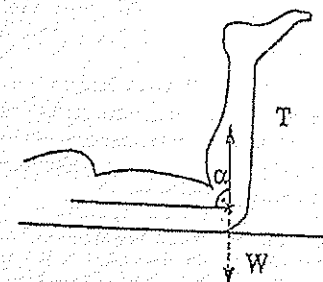
Razbijanje sile mišića na komponente naziva se *rezolucija*. Njihov praktični značaj u kineziterapiji u cilju je određivanja hipertrofije mišića. Na primer, ako se radi o upalnom ili degenerativno izmenjenom i bolnom zglobu, svaka kompresija mišićne sile izaziva pojačan bol i refleksno kočenje pokreta. Zato je jačanje mišića u tom slučaju otežano i kontraindikovano. S druge strane, u slučajevima uticaja na razvoj ili formiranje zglobnih tela, izaziva se kontrakcija mišića u onim položajima u kojima je rotatorna komponenta minimalna a stabilizaciona najveća.

Obrtni momenat ili snaga pokreta podrazumeva, osim sile mišića i kraka mišićne sile, i ugao pod kojim se tetiva pripaja na kost, a koji se naziva napadni ugao. Obrtni moment sile mišića je vektorska veličina. On je promenljiva veličina jer je promenljiv intenzitet sile i njen krak, kao i ugao, a sve zavisi od promene položaja segmenta određenog dela tela, tj. od pomeranja delova tela ili celog tela u prostoru. Krak mišićne sile (d) predstavlja normalno rastojanje od oslonca (centra zgloba) do napadne linije sile mišića i njegova veličina zavisi od sinusa napadnog ugla sile mišića.

Promenom veličine sinusa napadnog ugla dobija se nova vrednost obrtnog momenta sile mišića. Najpovoljniji napadni ugao je 90 stepeni jer je tada krak sile najveći (sl. 3.7.A). Vrednost napadnog ugla nikad nije jednaka nuli zbog anatomske konfiguracije skeleta.

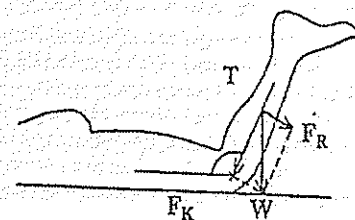
Obrtni momenat sile mišića najveći je kod napadnog ugla od 90 stepeni. Porastom napadnog ugla do 90 stepeni povećava se rotatorna a smanjuje kompresivna komponenta.

Rotatorna komponenta ponaša se kao sinus napadnog ugla. Ako je napadni ugao veći od 90 stepeni, ova komponenta se smanjuje a stabilizaciona komponenta je suprotnog smera i postaje komponenta razvlačenja (sl. 3.7.B).



GRAVITACIJA KAO SILA

Sila gravitacije, sila Zemljine teže ili sila tereta ima vertikalni smer delovanja, prema Zemlji. Ova sila je najefikasnija ako je segment na koji ona deluje paralelan sa površinom (sl. 3.8.A). U tom slučaju linije sile Zemljine teže i uzdužna osovina segmenta, na koji teža deluje, zaklapaju prav ugao. Međutim, pri promeni položaja segmenta, tj. u slučaju kada sila gravitacije deluje pod uglom manjim od 90 stepeni, ona se deli na dve komponente, kao i prethodna – mišićna sila, i to na a) rotatornu komponentu i



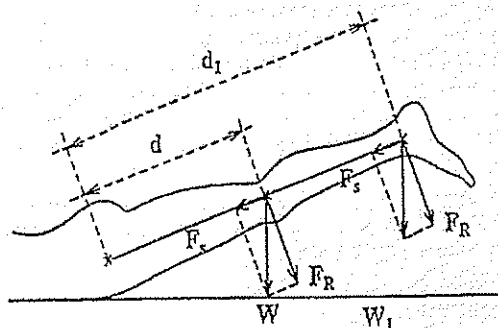
Slika 3.8. – Rezolucija sile gravitacije:
A) T – težina, w – težinu podkolennice B) F_r – rotatorna komponenta (centra gravitacije), F_k – stabilizaciona komponenta (centra gravitacije)



Grupa autora
1701

b) kompresivnu komponentu, koja deluje od centra gravitacije, tj. od težišta segmenta do centra oslonca, odnosno zgloba u kome se odvija pokret tog segmenta (sl. 3.8.B).

Razčlanjivanje na komponente ili rezolucije gravitacione sile ima takode praktičnu vrednost, kao i rezolucija mišićne sile. Prekomerni pritisak težine na oštećena zglobna tela u toku terapije može imati štetno dejstvo i pojava bola, uz odbrambeno kočenje pokreta od strane bolesnika.



Slika 3.9. – Obrtni moment za težinu segmenta (noge) i dodatno opterećenje: OM – obrtni moment, W – težina segmenta, d – distanca (od centra oslonca do težišta segmenta), α – ugao segmenta u odnosu na podlogu (različit od 90°), W₁ – dodatno opterećenje, d₁ – distanca dodatnog opterećenja, F_r – rotorna komponenta, F_s – stabilizaciona komponenta

Obrtni moment sile tereta iskazuje se proizvodom veličine tereta i dužine kraka sinusa napadnog ugla (sl. 3.9). Promenom položaja segmenta menja se i napadni ugao dejstva sile Zemljine teže, a samim tim i njena efikasnost. U svakodnevnom životu, u toku pokreta, na mišić deluju spoljašnje sile – tzv. kombinovani otpor – koji podrazumeva silu gravitacije i silu dodatnog opterećenja u obliku tereta.

U kineziterapiji se, osim težine samog segmenta, koriste i dodatna opterećenja ili otpor. Otpor se može definisati kao sila koja se suprotstavlja kretanju jer je istog pravca, ali suprotnog smeru. Opterećenja se mogu postaviti na različitoj udaljenosti od oslonca (zgloba). Nasuprot tome, težište je uglavnom na stalnoj udaljenosti, tj. uvek ima istu veličinu razstojanja d (distanca). Međutim, kod dodatnih opterećenja distanca d₁ je promenljiva i zato utiče na snagu i na obrtni moment. Ukoliko je veća distanca ukupnog opterećenja, veći je i njegov obrtni moment. Uz poznavanje procenta težine segmenta (W), distanca (d) i dodatnog opterećenja (W₁), kao i ugla pod kojim se segment nalazi u odnosu na podlogu, tj. horizontalu (sl. 3.9), moguće je izračunati vrednost mišićne sile.

Kombinovani otpor za različite vrste kontrakcija mišića je različit:

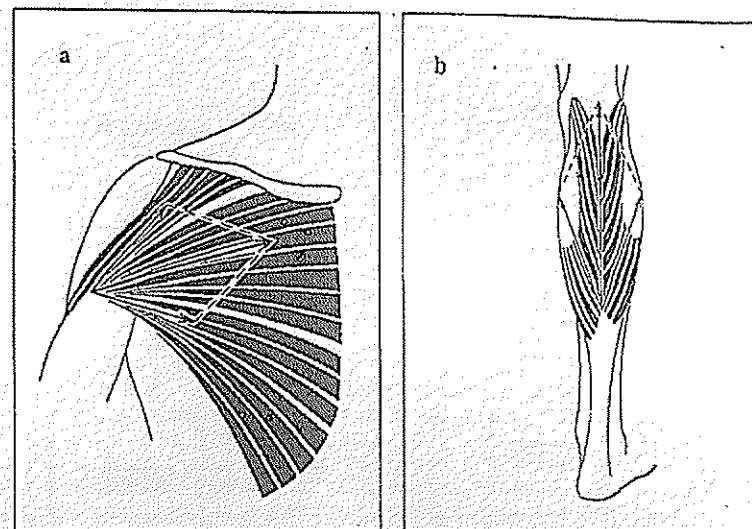
- pri koncentričnoj mišićnoj kontrakciji (približavanje mišićnih pripoja) za savlađivanje spoljašnjih sila mora postojati prevaga obrtnog momenta sile mišića;
- pri ekscentričnoj mišićnoj kontrakciji (udaljšavanje mišićnih pripoja) obrtni moment sile kombinovanog otpora veći je od obrtnog momenta sile mišića i
- pri statičkoj mišićnoj kontrakciji (održavanje mišićnih pripoja na određenoj udaljenosti) obrtni momenat sile mišića izjednačen je sa zbirom obrtnih momenata sile kombinovanog otpora.

UGAO DELOVANJA SILE, ODNOSNO MIŠIĆA

Ukoliko dve ili više mišićnih sila deluju pod određenim uglom, ukupna sila je po svom smeru i intenzitetu jednaka zbiru svih sila. Primer takvih sila su svi višeglavni mišići ili mišići sa širokim pripojima, kao što su *m. quadriceps*, *m. gastrocnemius*, *m. deltoideus*, *m. pectoralis*.

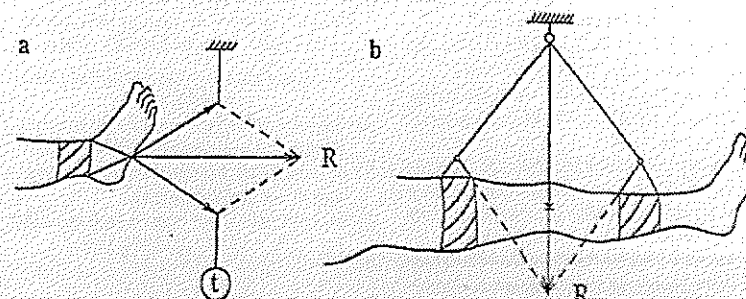


Kineziologija
1711



Slika 3.10. – Kompoziciju mišićnih sila: a) *m. pectoralis*, b) *m. gastrocnemius*

Smer delovanja vretenastih mišića, koji se uglavnom nalaze na ekstremitetima, poklapa se sa njihovom osovinom. Smer delovanja pljosnatih mišića određuje rezultanta sila njihovih pojedinih delova. Smer delovanja višeglavnih mišića određuje rezultanta sila svih glava (sl. 3.10).



Slika 3.11. – Kompozicija sile opterećenja: a) rezultanta sile trakecije, b) rezultanta sile suspenzionih pomagala, R – rezultanta, t – teret



Grupa autora

172

Poznavanje kompozicije mišića ima praktični značaj u slučajevima oboljenja, oštećenja ili operativnog uklanjanja jednog dela mišića ili mišića u celini, a treba razviti najfunkcionalniji pokret.

Takođe, svi oblici *trakcije* zasnivaju se na kompoziciji sila opterećenja.

Suspenziona pomagala, koja se koriste u kineziterapiji radi rasterećenja, postavljaju se tako da se rezultanta sila konopca spušta u centar gravitacije rasterećenog ekstremiteta (sl. 3.11).

Manipulacioni postupci zahtevaju poznavanje kompozicije sila pošto rezultante sila leve i desne ruke terapeuta treba da prate osovinu gornjeg i donjeg segmenta tela pacijenta.

Težište

Zemljina težila ili sila gravitacije je sila kojom Zemlja privlači sve delove iz kojih se sastoji jedno materijalno telo, što podrazumeva i ljudsko telo. Ova sila deluje *konstantno*, bez prekidu, na *svaču česticu*. Sve te sile materijalnog tela međusobno su paralelne i deluju *vertikalno* na dole, ka središtu Zemlje.

Težina tela je rezultanta ovih paralelnih, vertikalno usmerenih sila ka Zemlji. Kao i svaka druga sila, i težina tela može se predstaviti vektorski, što znači da su ispoljeni osnovni parametri: intenzitet, pravac, smer i napadna tačka. Intenzitet je predstavljen izmerenom brzinom (9,81 m/s), pravac – vertikalom, smer – nadole ka središtu Zemlje, a napadna tačka – težištem.

Težište tela ili opšti centar gravitacije je napadna tačka težine tela. Centri gravitacije čvrstih tela su i geometrijski centri. Međutim, u živom organizmu centri gravitacije zavise od položaja tela i promene mase pojedinih segmenata.

Fišer i Braun su prvi pokušali da odrede centre gravitacije tela i njegovih segmenata. Oni su centre gravitacije odredili na smrznutim leševima, uz pomoć najjednostavnijih suspenzionih sprava. Ovi autori su konstatovali da težište segmenata pojedinih ekstremiteta leži na uzdužnoj osi koja spaja centre dva zgloba i nalazi se bliže proksimalnom, tj. gornjem delu segmenta (na mestu spoja gornje četiri i donjih pet devetina). Treba napomenuti da je zapremina proksimalnog dela segmenta veća od zapremine distalnog dela.

Na osnovu ovih radova Boreli je odredio centar gravitacije tela u tri osnovna položaja (ravni).

Dempster je antropometrijskim merenjem 700 američkih vojnika izračunao mase segmenata, odredio centar gravitacije tela i pojedinih segmenata i dao druge dragocene podatke.

Danas se centri gravitacije određuju precizno na elektronskoj podlozi, koja ih kompjuterski registruje.

Prema Dempsteru, opšti centar gravitacije tela leži ispred ili unutar drugog sakralnog pršljena (L 2).

TEŽIŠTE POJEDINIH SEGMENTA

Ovo nisu najpreciznije dati podaci, ali se u praksi često koriste. Za preciznije određivanje težišta tela i njegovih segmenata koriste se tablice po Braunu i Fišeru, koji su utvrdili koefici-



Kineziologija

173

Tabela 1. – Centar gravitacije (težište) segmenata prema Dempsteru

Segment	Lokacija centra gravitacije
glava	4 mm ispod prednjeg i donjeg dela <i>selle turcice</i>
glava i vrat	donja površina bazilarnog dela potiljačne kosti
nadlaktica	medijalna glava <i>m. triceps brachii</i> ili 5 mm ispod ili iznad pripoja <i>m. deltoideus</i>
podlaktica	oko 11 mm iznad pripoja <i>m. pronator teres</i> , 9 mm od međukoštane membrane
šaka	srednja trećina III metakarpalne kosti
natkolonica	<i>m. adductor brevis</i> ili <i>m. adductor magnus</i> 13 mm ispred medijalne usne <i>linea aspera</i>
potkolonica	35 mm ispod <i>m. popliteus</i> ili 16 mm iznad gornjeg kruja Ahilove tetive
stopalo	plantarne veze ispod gornje polovine druge i treće kuneiformne kosti, na liniji koju spaja centar gornjeg skočnog zgloba i glavicu II metatarzalne kosti

jente rastojanja težišta pojedinih segmenata od centra proksimalnog zgloba (tabela 3), iako su pri određivanju zanemari bili karakteristike, kao što su konstitucija, pol, uzrast i dr.

Rastojanje težišta nekog segmenta dobija se kada se izmeri njegova dužina (od centra proksimalnog zgloba do centra distalnog zgloba) i pomnoži sa koeficijentom iz tabele.

Tabela 2. – Težišta pojedinih segmenata tela prema Vandervalu

Glava	1 cm iza <i>dorsum selle</i>
trup	na prednjoj ivici tela prvog slabinskog pršljena (L 1)
trup i glava	na spojnici prednje ivice tela jedanaestog grudnog pršljena i ksifoidnog nastavka grudne kosti
nadlaktica	na sredini nadlaktice
podlaktica i šaka	na donjoj trećini podlaktice
šaka	na donjem okrajku druge metakarpalne kosti
ruka	na zglobu lakta
natkolonica	na gornjoj trećini unutrašnje strane butne kosti
potkolonica	na gornjoj trećini zadnje strane golenjače
potkolonica i stopalo	nešto iznad donje trećine golenjače
noga	6–10 cm iznad zgloba kolena sa zadnje strane



Grupa autora
1741

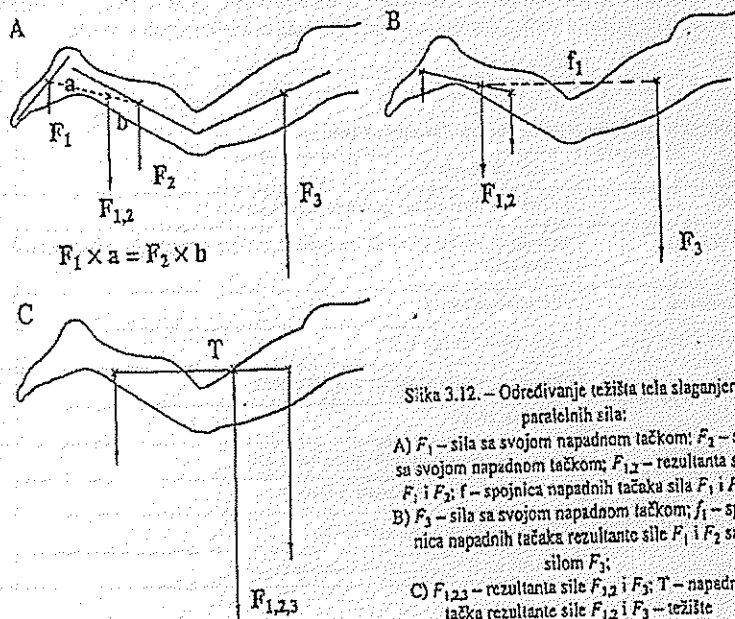
Tabela 3. Koeficijenti rastojanja težišta pojedinih segmenata od centra proksimalnog zgloba

Segment	Koeficijent rastojanja
glava	-
trup	0,40
natkoljenica	0,44
potkoljenica	0,42
stopalo	0,44
nadlaktak	0,47
podlaktak	0,42

ODREĐIVANJE TEŽIŠTA TELA

Odrediti težište tela znači odrediti rezultantu (zbirnu silu) svih paralelnih sila na čijoj se napadnoj tački ono nalazi. Određivanje težišta tela izvodi se na nekoliko načina:

- po pravilu paralelnih sila,
- analitički ili računski, u koordinatnom sistemu,



Kineziologija
1751

- grafički, pomoću plana sila i verižnog poligona i
- praktično, tri oslonca i fiksirano telo.

Nijedan način određivanja težišta tela nije precizan jer se ono stalno pokreće. To pomeranje težišta tela i u fazi mirovanja uslovljeno je radom unutrašnjih organa (disanje, preraspodela krvi itd.).

U praksi se težište tela najčešće određuje po pravilu paralelnih sila (sl. 3.12). Na primer, posmatra se donji ekstremitet na koji deluje sistem paralelnih sila koje su obeležene sa F_1 , F_2 , F_3 (sl. 3.12. A). Osnova ovog metoda je slaganje svih paralelnih sila, tj. pronalaženje rezultante, s tim da svaka sila bude samo jednom uzeta u obzir.

Na datom primeru novodobijena sila, tj. rezultanta F_{12} , predstavlja zbir prve dve sile i slaže se u daljem radu sa novom silom F_3 . Napadna tačka sile F_{12} nalazi se na spojnici f (sl. 3.12. A) koja spaja napadne tačke dejstvjućih sila (F_1 i F_2). Ravnoteža je ostvarena pošto je napadna tačka rezultante udaljena od napadne tačke prve sile za toliko više nego napadna tačka druge sile za koliko je prva sila manja od druge ($F_1 \times a = F_2 \times b$). Novodobijena sila F_{12} slaže se sa F_3 na isti način kao i prethodne dve sile (sl. 3.12. B). Nova napadna tačka rezultante (težište) deli spojnicu f_1 (koja se proteže od F_{12} do F_3) u tačno određenoj srazmeri sa silama koje dejstvuju nadole na njenim krajevima. Zbir ove tri sile (F_1 , F_2 , F_3) daje silu F_{123} (sl. 3.12. C).

TEŽINA SEGMENTATA

Poznavanje težine pojedinih segmenata ima značaja u kineziologiji jer se na osnovu težine segmenta i uz maksimalno dodatno opterećenje može utvrditi i intenzitet mišićne sile koja pokreće taj segment.

Dempster je težine segmenata izrazio u procentima u odnosu na ukupnu težinu tela.

Tabela 4. - Težina segmenata izražena u procentima (po Dempsteru)

Segment	Procenti (%)
glava	9
glava i vrat	7,9
trup	46,1
glava, vrat i trup	54,0
ruka	6,3
nadlaktica	3,3
podlaktica	2,1
zaka	0,8
noga	17,3
natkoljenica	10,7
potkoljenica	4,7
stopalo	1,7



Grupa autora
1761

Težina segmenata tela prema Braunu, Fišeru i Bernštajnu izražena je sledećom tablicom koeficijenata. Vrednost koeficijenata množi se sa telesnom težinom i na taj način se dobija težina određenog segmenta tela.

Tabela 5. – Težina segmenata tela izražena u koeficijentima

segment	Braun-Fišer	Bernštajn	
		muško	žensko
glava	0,0706	0,0572	0,0812
trup	0,4270	0,4630	0,4350
natkolennica	0,1158	0,1221	0,0128
potkolennica	0,0527	0,0465	0,0484
stopalo	0,0179	0,0146	0,0129
nadlaktica	0,0336	0,0265	0,0265
podlaktica	0,0228	0,0182	0,0182
šaka	0,0084	0,0070	0,0055

Braun i Fišer su svojim ispitivanjima utvrdili postojanje zakonitosti odnosa između težine delova tela i celine. Konstantne vrednosti dale su u tabeli 6.

Na osnovu radova prethodnih autora, Lapijer je izračunao vrednosti težine segmenata iskazane u tabeli 7.

Tabela 6. – Odnos težine delova tela i celine (po Brommu i Fišeru)

glava	1 / 15
trup	25 / 60
natkolennica	7 / 60
stopalo	1 / 60
nadlaktica	1 / 30
podlaktica	1 / 40
šaka	1 / 120
glava i trup	29 / 60 ili 1 / 2
noga	11 / 60 ili 1 / 6
ruka	1 / 15



Kineziologija
1771

Tabela 7. – Vrednosti težine segmenata u odnosu na celinu

glava	4 / 59
trup	25 / 59
natkolennica	7 / 59
potkolennica	3 / 59
stopalo	1 / 59
nadlaktica	2 / 59
podlaktica	2 / 118
šaka	2 / 118
glava i trup	29 / 59
noga	11 / 59
ruka	4 / 59

Vrste ravnoteže

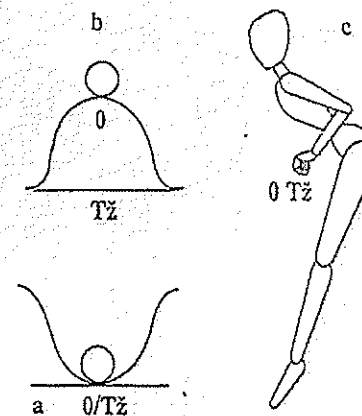
U mehanici su poznate tri glavne vrste ravnoteže – stabilna, labilna i indiferentna (sl. 3.13).

Stabilna ravnoteža. – Telo je u stabilnoj vrsti ravnoteže ako se težište nalazi ispod tačke oslonca.

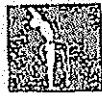
Labilna ravnoteža. – Telo se nalazi u labilnoj vrsti ravnoteže kada je težište iznad površine oslonca. Od veličine oslonca i visine na kojoj se nalazi težište tela zavisi i stabilnost ove vrste ravnoteže.

Indiferentna ravnoteža. – Telo se nalazi u indiferentnoj vrsti ravnoteže kada je težište izvan prostora koji ono zauzima. Ovaj oblik ravnoteže sreće se kod čoveka jedino prilikom vežbanja na spravama kada se tačke oslonca i težišta poklapaju.

Činiloci koji uslovljavaju vrstu ravnoteže su površina oslonca i težište tela (sl. 3.14). Delovanje težišta u živom organizmu nije u stalnim tačkama. Ono zavisi od pokreta i položaja delova tela. Kao što je već rečeno, težište tela se i u mirovanju neprekidno pomera zbog respiracije i u tom slučaju osciluje oko stalne tačke. Nesimetrična opterećenja organizma pomeraju težište na opterećenu



Slika 3.13. – Vrste ravnoteže;
a) stabilna vrsta ravnoteže, b) labilna vrsta ravnoteže, c) indiferentna vrsta ravnoteže,
Tž – težište tela, O – tačka oslonca



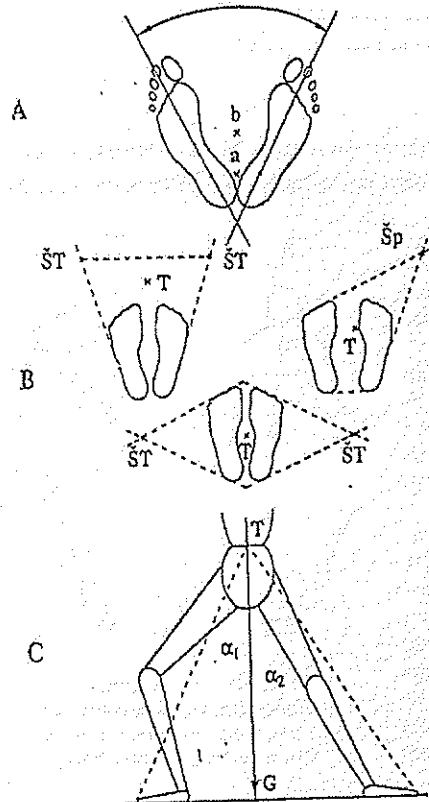
Grupa autora
1781

stranu, što ima za posledicu pomicanje tela na suprotnu stranu tako da bi se težište približilo osloncu.

Zdrav organizam ispravlja položaje u kojima težište pada izvan površine oslonca i izaziva reakciju antigravitacionih mišića koji osiguravaju ravnotežu. Na primer, nošenje tereta u desnoj ruci uslovljava savijanje (devijaciju) trupa u levu stranu. Međutim, u slučajevima slabosti mišića dolazi do patoloških položaja ili gubitka ravnoteže.

Ravnotežu tela, osim težišta i antigravitacionih mišića, uslovljava i površina oslonca. U slučajevima slabosti mišića ravnoteža se može postići dodatnim osloncima, preko štaka ili štapa (sl. 3.14).

„Čvrstina“ ravnotežnog položaja zavisi od tzv. *ugla sigurnosti*. Taj ugao obrazuje linija koja povezuje težište tela sa ivicom površine oslonca. Otuda, što je težište tela niže postavljeno, to je površina oslonca veća (sl. 3.14).



Slika 3.14. – A) Površina oslonca i projekcija težišta tela:
a – standardni uspravni stav,
b – opušteni uspravni stav
B) Površina oslonca i projekcija težišta tela pri stojećem stavu sa štakama: Št – štaka, Šp – štap, T – težište
C) Ugao sigurnosti: T – težište tela, G – sila teže (tj. težina tela), α_1 i α_2 – uglovi sigurnosti

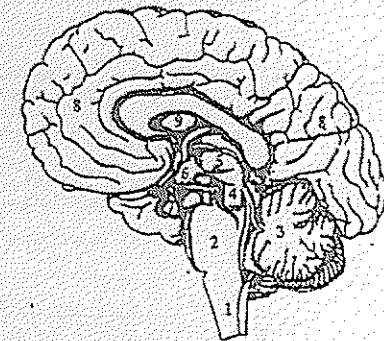
4. Podela centralnog nervnog sistema i njegova uloga u mišićnoj aktivnosti

Centralni nervni sistem je najstroženiji deo organizma, sa velikim brojem kompleksnih funkcija. On na direktan ili indirektan način upravlja radom svih ostalih organa čovečjeg tela. Njegove veze sa periferijom organizma (receptori, mišići, žlezde) ostvaruju se putem mnogobrojnih dovodnih (aferenčnih) i odvodnih (eferenčnih) nerava.

U morfološkom pogledu, centralni nervni sistem (CNS) deli se na više funkcionalnih celina, pri čemu viši delovi pokazuju složeniju funkciju, i na niže delove CNS-a deluju inhibitoryno uglavnom kočeće. Najstariji deo CNS-a je kičmena moždina (medulla spinalis), smeštena u kičmenom kanalu. Ostali deo CNS-a leži u lobanjskoj jami (cavitas cranii), a čine ga (od nižih delova ka višim): procužena moždina (medulla oblongata) i most (pons), srednji mozak (mesencephalon), mali mozak (cerebellum), međumozak (diencephalon) i veliki mozak (telencephalon). Medulla oblongata, pons i mezencephalon zajedno čine moždano stablo (truncus encephalicus).

U građi nervnog sistema, pored sive i bele mase, kao posebna struktura postoji i retikularna formacija stabla (formatio reticularis), koju čine brojna sitna jadra, međusobno bogato povezana. U retikularnoj formaciji moždanog stabla nalaze se najvažniji vegetativni centri (za rad srca, za disanje itd.). Ona ima veze i sa kičmenom moždinom, sa malim i velikim mozgom (ušodni aktivirajući sistem), zatim utiče na stanje buđenosti, a svojim nišodnim vezama sa jedrima u kičmenoj moždini utiče na motoriku i dr. Čeo CNS je „potopljen“ u moždanu tečnost, koja ima pre svega zaštitnu ulogu. Ona se stvara iz krvi u tzv. horoidnom pleksusu moždanih komora, a zatim, sistemom komora i međumozdaničnih prostora, putem moždanih sinusa, stalno otiče u venski sistem.

Moždane ovojnice (meninges) obavijaju mozak. Unutrašnja, prozima opna (pia mater) direktno naleže na tkivo mozga. Preko nje se nalazi srednja opna (arachnoidea), koja je prepuna krvnih sudova. Najzad, najbliže koštanoj delu nalazi se spoljašnja, tvrda ovojnica (dura mater).



Slika 4.1. – Uzdužni presek mozga:
1 – produžena moždina, 2 – most, 3 – mali mozak,
4 – srednji mozak, 5 – talamus, 6 – hipotalamus,
7 – hipofiza, 8 – veliki mozak, 9 – međumozdanična spojница



Grupa autora

1801

Na preseku bilo kog dela CNS-a mogu se uočiti siva i bela masa. Sivu masu (*substantia grisea*) sačinjavaju tela neurona sa dendritima. Nalazi se na površini mozga, ali može biti postavljena i u beloj masi, kada se govori o jedrima (*nucleus*). U kičmenoj moždini bela masa je na površini i oblaže sivu masu.

Bela masa (*substantia alba*) izgrađena je od aksona i potpornih ćelija (ćelija *glije*) i predstavlja ushodne i nishodne puteve. Aksoni u centralnom nervnom sistemu imaju mijelinski omotač, koji im obezbeđuju ćelije *glije* (*oligodendroglia*).

Osnovne funkcije ovog složenog sistema mogu se opisati kao prijem, prerada i skladištenje informacija (memorija) iz okoline i samog organizma. Na osnovu ovih informacija u nervnom sistemu nastaju složeni obrasci odgovora, koji se ispoljavaju promenom motorike ili lučenja pojedinih žlezda.

Da bi se ostvarilo osnovno svojstvo životinja, *pokretanje* ili *lokomocija* (mada i neke biljke imaju sposobnost promene položaja pojedinih delova, kao što su cvet ili list, na primer *suncokreri*), u njihovom centralnom nervnom sistemu razvile su se različite specifične tvorevine: vidni centri, akustički centri i dr., koji prerađuju informacije iz spoljnog okruženja; oblasti koje kontrolišu pokret, kao što je motorna zona kore hemisfera velikog mozga; bazalna jedra; mali mozak; jedra u moždanom stablu i kičmenoj moždini, kao i sistemi koji kontrolišu obezbeđenje energetske baze pokreta. Prijem i preradu informacija i kontrolu pokreta u nervnom sistemu obavlja deo koji se naziva somatski ili animalni sistem. Energetsku osnovu za ostvarivanje pokreta kontrolišu vegetativni (autonomni) nervni sistem, koji čine *parasimpatikus* i *simpatikus*.

Brojne informacije koje pristižu preko receptora raznih čula odlaze u senzorne zone kore hemisfera, gde se stvaraju realne slike o okruženju u kome se nalazi životinja (gde je prepreka, gde je plen, odakle vreba opasnost), ali isto tako i slike o sopstvenim mogućnostima (mogu li preskočiti prepreku). Potom se za voljne pokrete pravi program odgovora u motornim zonama kore hemisfera i preko nishodnih motornih puteva šalje u dogovarajuća jedra moždanog stabla i kičmene moždine. Za većinu pokreta postoji stalna mogućnost ispravke pravca ili snage.

Aktivnošću autonomnog nervnog sistema nastaju promene u radu unutrašnjih organa – ubrzava se rad srca i dotok krvi u mišiće, povećava se plućna ventilacija sa većim unosom O_2 i izbacivanjem CO_2 . Sve ovo indirektno utiče i na mogućnost obavljanja pokreta, odnosno spoljnog rada.

Za proučavanje funkcija nervnog sistema na oglednim životinjama postoji veći broj metoda, kao što su metoda *nadraživanja* (najčešće električnom strujom), *ozledivanja* ili *lezije*, *presecanja* i druge. Tako su dobijena osnovna saznanja o funkciji nekog dela nervnog sistema, a posebno o njegovoj ulozi u kontroli motorike.

Zavisno od mesta presecanja CNS-a, govori se o kičmeno-moždinskoj životinji (kada su isključeni svi delovi osim kičmene moždine), bulbarnoj životinji (kada je presek iznad ponsa), mezencefaličnoj (u funkciji su srednji mozak, produžena i kičmena moždina) i slično. Ovom relativno grubom metodom izdvajaju se pojedini „spratovi“ CNS-a i odvojeno proučavaju.

Savremena neurofiziologija koristi znatno savršenije metode (mikroelektrode, elektroencefalografiju), uz primenu računara.



Kineziologija

1811

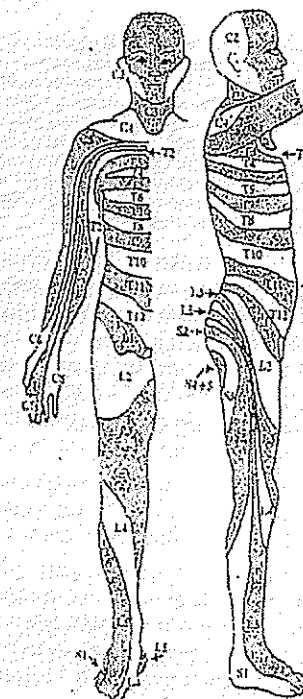
KIČMENA MOŽDINA (medulla spinalis)

Kičmena moždina je filogenetski najstariji deo nervnog sistema. Ona nepotpuno ispunjava kanal koji formiraju pršljenovi. Podeljena je na segmente, tako da na nivou svakog segmenta iz nje izlazi* po jedan par mešovitih živaca. Na preseku se vidi da je siva masa postavljena *unutra* i ima oblik leptira. Prednji, širi rogovi sadrže tela motoneurona, čiji aksoni čine motorni deo mešovitog živca. U zadnje, uže rogove ulaze senzitivna vlakna koja donose informacije sa kože, i to tačno ograničenih područja kože, koja se nazivaju dermatomi (sl. 4.2), sa mišića i tetiva. Odmah po ulasku, neka vlakna se preko interneurona „prekopčavaju“ na motorna jedra u prednjim korenovima, dok druga nastavljaju put naviše i predstavljaju ushodne senzitivne puteve ka talamusu i cerebelumu.

U kičmenoj moždini postoje i vegetativni centri. Centri simpatikusa nalaze se u bočnom stubu, u torako-lumbalnom delu, dok su u sakralnom delu centri parasimpatikusa. Motorna i senzitivna vlakna vegetativnog sistema mogu biti u sklopu mešovitih nerava ili samostalno, kao grane simpatikusa za srce. Prema tome, u kičmenu moždinu pristižu informacije sa područja trupa i ekstremiteta (sa kože, proprioreceptora i unutrašnjih organa), kao i iz viših delova, dok ona šalje informacije u mišiće trupa i ekstremiteta, u unutrašnje organe i u više delove CNS.

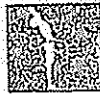
Kičmena moždina ima sprovodnu i refleksnu ulogu, ostvaruje najjednostavnije oblike koordinacije rada više centara, i kontrolu nekih vegetativnih funkcija.

a) Sprovodna funkcija – U beloj masi kičmene moždine nalaze se mnogobrojni putevi koji vezuju perifernu delove tela sa višim delovima centralnog nervnog sistema, sve do moždane kore. Prema pravcu provođenja impulsa, ovi se putevi dele na *afarentne* (centripetalne ili ushodne) i *eferentne* (centrifugalne ili nishodne). Preko eferentnih ili nishodnih puteva regulišu se motorna i vegetativna aktivnost i inhibiraju spinalni refleksi. Afarentnim ili ushodnim putevima viši centri se obaveštavaju o nadražajima na periferiji.



Slika 4.2. – Dermatomi tela sa oznakom odgovarajućeg segmenta kičmene moždine

* Iz kičmene moždine izlaze motorna i vegetativna motorna vlakna, a u nju ulaze senzitivna vlakna.



Grupa autora
/ 82 /

Pri likom raznih oboljenja ili ozleda mogu biti oštećeni pojedini delovi moždine ili samo njena jedna polovina, u jednom segmentu ili u više. Promene funkcija motornih puteva zavise od nivou na kome se nalazi oštećenje moždine. Na primer, oštećenje od drugog do četvrtog vratnog segmenta uzrokuje smrt. Lezije od petog vratnog do prvog grudnog segmenta uzrokuju paralizu gornjih ekstremiteta, a lezije od prvog slabinskog do trećeg krsnog segmenta – paralizu mišića donjih ekstremiteta. Ako je oštećena čitava polovina kičmene moždine u ena kojoj visini, dolazi do vrlo karakteristične kliničke slike – razvija se spastična paraliza mišića na bolesnoj strani ispod mesta oštećenja, a mišići oduzetost mišića u visini samog oštećenja. Spastična oduzetost nastaje ako je poremećena kontrola motornih impulsa koju vrši veliki mozak, jer je oštećen centralni deo motornog puta, a sačuvani periferni neuron i refleksi luk, koji pojačava tonus mišića bez mogućnosti aktivne kontrakcije. Mišićna oduzetost nastaje pri oštećenju perifernog neurona motornog puta, ako je prekinut refleksi put za regulisanje tonusa.

b) Refleksna funkcija. – Preko kičmene moždine ostvaruju se *tetivni refleksi* (ispravniji naziv je *refleksi na istezanje*). Receptori ovih refleksa su mišićna vretena (sl. 2.13 i odgovarajući tekst). Pri brzom istezanju skeletnog mišića (udar neurološkim čekićem po tetivi), istežu se i mišićna vretena i šalju impulse u zadnje korene kičmene moždine putem debelih mijelinizovanih (A β) vlakana. Razdraženje se prenosi na motoneurone i preko njihovih aksona nazad u isti mišić, gde nastaje kontrakcija. Najčešće su to mišići ekstenzori, koji deluju kao antigravitacioni mišići (mada, ima i izuzetaka – dvoglavi mišić nadlaktke je flektor). Ovaj refleks je tipičan primer negativne povratne sprege (feed-back). Brojni refleksi iz ove grupe imaju klinički značaj.

U drugu grupu se mogu svrstati *kožno-mišićni refleksi*. Nadraživanje pojedinih segmenata kože izaziva kontrakciju mišića neposredno ispod ili blizu mesta draženja. Kao primer mogu da posluže trbušni refleksi – gornji, srednji i donji. Ovi se refleksi takođe ispituju na pacijentu.

Treću značajnu grupu čine *refleksi fleksora* ili refleksi uklanjanja. I ovde su receptori u koži, ali postoje znatne razlike u odnosu na kožno-mišićne reflekse. Reflekse fleksora izaziva najčešće draž velike jačine, koja bi mogla da ošteti organizam (bolan ubod, visoka temperatura). Zbog jačine draži, proces razdraženja može obuhvatiti više segmenata kičmene moždine, pa odgovaraju i udaljene grupe mišića. Tako posle uboda u prst nastaje kontrakcija ramenih mišića i dvoglavog mišića nadlaktke.

Posebna grupa su *vegetativni refleksi*. U simpatikusnom području kičmene moždine smešteni su neuroni koji kontrolišu disanje, srčani rad i vazomotoriku, kao i rad organa digestivnog trakta. Parasimpatikusni centri kontrolišu motoriku većeg dela debelog creva, pražnjenje rektuma (anospinalni centar) i mokraćne bešike (vezikospinalni centar). U ovom području se nalaze i centri za regulisanje nekih seksualnih funkcija, kao što su erekcija i ejakulacija.

c) Koordinacija aktivnosti. – Kičmena moždina ostvaruje i određenu koordinativnu ulogu, pri čemu se pojedina motorna jedra uključuju u razdraženje ili inhibiranje po tačno definisanom redosledu. Time se ostvaruje složena motorna radnja, koja nije samo trzaj pojedinačnog mišića. Kao osnovni primer takve koordinacije navodi se refleks koraćanja*. Naime, kičmeno-moždinska životinja, nadraživanjem jednog ekstremiteta, pokazuje pokrete koji podsećaju na koraćanje. Fiziološka osnova ovog refleksa je u nastanku istovremene (simultane) i naknadne (konsekutivne) indukcije razdraženja u susedna motorna jedra.

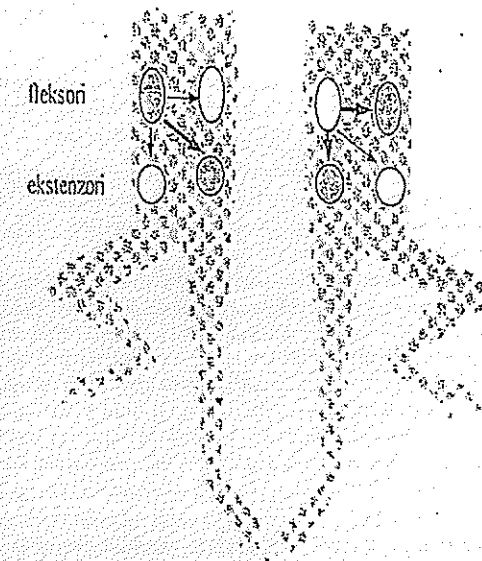
Tako posle nadražaja jedne noge spinalne žabe, na primer štipanjem pincetom, nastaje fleksija te noge. Centri fleksora su u razdraženju i istovremeno izazivaju inhibiciju u centrima

* Refleks koraćanja ne treba mešati sa hodanjem, koje je veoma složena radnja i zahteva koordinaciju mišićne aktivnosti i ravnoteže, dakle saradnju malog mozga, vestibularnih centara i dr.



Kineziologija
/ 83 /

Slika 4.3. – Refleks koraćanja spinalne žabe. Centri u razdraženju prikazani su sivom bojom.



ekstenzora sa iste strane i centrima fleksora suprotne strane, dok su ekstenzori suprotne strane stimulirani. Centar fleksora zaub zapada u inhibiciju, što izaziva proces razdraženja u centrima fleksora suprotne strane, pa suprotna noga, iako nije nadraživana, izvršava fleksiju. Ovi pokreti često obuhvataju sva četiri ekstremiteta, pa deluje kao da životinja koraća.

Oštećenja kičmene moždine ispoljavaju se gubitkom pojedinih funkcija, dok potpuni presek izaziva spinalni šok, koji kod žabe traje samo nekoliko minuta, dok kod majmuna može trajati i više sati (čak i dana!).

Ako su na istoj strani tela oštećeni taktilni osećaj i fini duboki senzibilitet, osećaj za bol i temperaturu, znači da je oštećenje van kičmene moždine, u području zadnjeg korena kičmenog živca.

Ako je uz to oštećena i motorika, radi se o leziji u području mešovitog kičmenog živca.

Ako je oštećen samo osećaj za bol i temperaturu, tada postoji neki proces u području centralnog kanala, ispod kog se ukrštaju oba spinotalamnska puta.

PRODUŽENA MOŽDINA (medulla oblongata) I MOST (pons)

Ovi delovi su početak moždanog stabla i predstavljaju spoj između kičmene moždine, malog mozga i srednjeg mozga. Ulazne informacije dolaze iz kičmene moždine, malog mozga i viših delova CNS, dok izlazne informacije, osim u navedeno formacije, idu i u brojne unutrašnje organe. U produženoj moždini se nalaze i četiri vestibularna jedra, u kojima se završavaju neu-



Grupa autora

1841

roni sa labirinta (čulo ravnoteže). Vestibularna jedra su povezana sa kičmenom moždinom, malim mozgom, jedrima za mišiće pokretače očne jabučice i koren velikog mozga preko talamusa. U retikularnoj formaciji produžene moždine i ponsa nalaze se brojni, uglavnom vegetativni (parasimpatikusni) centri, koji kontrolišu rad sistema za varenje (refleks gutanja, lučenja pljuvačke, povraćanja), centar za disanje, kao i odbrambeni respiratorni refleksi (kijanje, kašalj), vazomotorni centar za regulaciju širine krvnih sudova, centar za srčani rad i dr. Zbog toga su oštećenja ili samo porast pritiska cerebrospinalne tečnosti u ovoj oblasti često smrtonosni. Najveći deo vegetativnih vlakana je u sastavu X moždanog živca (*n. vagus*), a manji se nalazi uz IX (*n. glossopharyngeus*) i VII živac (*n. facialis*).

Presekom moždanog stabla iznad mosta dobija se bulbarna životinja (sl. 4.4). Za nju je karakteristična tzv. *decerebraciona rigidnost*, sa pojačanim tonusom svih, a posebno antigravitacionih mišića, pre svega ekstenzora, ledne muskulature i mišića vrata. Životinja je tvrda, ukočena, sa minimalnim pokretima. Može pasivno da stoji, ali ne i da očuva ravnotežu. Promena tonusa mišića je moguća ako se glava na silu pomera. Pri pomeranju nadole nastaje fleksija prednjih ekstremiteta, dok pri pomeranju glave nagore životinja čuče na zadnje noge. U ovom slučaju su od značaja impulsi sa proprioceptora vratnih mišića. * Slične promene tonusa nastaju i pri rotaciji životinje, pri čemu zamišljenja osovina prolazi kroz oba labirinta unutrašnjeg uha.

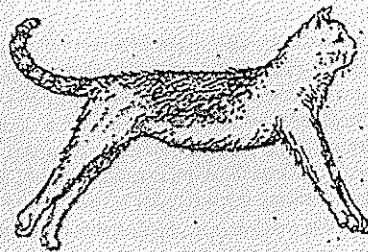
U slučaju oboljenja ili oštećenja produžene moždine i ponsa nastaje *bulbarna paraliza*, koja se u početku manifestuje poremećajima u gutanju, da bi se kasnije pojavili problemi sa disanjem, govorom i vazomotorikom. Paraliza disanja izaziva smrt ako se ne priključe veštačka pluća.

SREDNJI MOZAK (mesencephalon)

Srednji mozak (*mesencephalon*) takđe je deo moždanog stabla. U srednji mozak, osim informacija iz kičmene moždine, produžene moždine, ponsa i diencefalona (u krajnjem, iz kore velikog mozga) dolaze informacije iz optičkog i akustičkog puta. Prekopčavanje optičkog puta je u bočnom kolenastom telu (*corpus geniculatum laterale*), pretektnim jedrima i gornjim brežuljcima četvorobrežja (*colliculi superiores laminae quadrigeminae*). Akustički put ulazi i prekopčava se u prednjem kolenastom telu i u donjim brežuljcima. Ovo ukazuje na to da mezencefalična životinja vidi i čuje.

Informacije iz mezencefalona idu ushodno prema talamusu i kori velikog mozga, a nishodno putem crvenog jedra (*n. ruber*), čiji aksoni čine rubrospinalni put, koji predstavlja deo

* Praktičan značaj: i ne znajući, osoba koja izvede kolot napred prvo savija glavu ka grudima, čime sumuliše lek-sore ruku i trupa, dok se noge ispružaju. Obmuto je pri izvođenju kolota unazad.



Slika 4.4. – Decerebraciona rigidnost



Kineziologija

1851

ekstrapiramidalnog sistema. U srednjem mozgu se anatomski nalazi i *substantia nigra*, jedro koje je po funkciji deo sistema bazalnih ganglija. Od značaja su i jedra koja inervišu mišiće pokretače očne jabučice. Sa prijemnih pretektnih jedara polaze putevi prema okulomotornim jedrima i prema jedrima u kičmenoj moždini. To je put ostvarivanja a) pokreta očiju ili b) pokreta glave prema iznenadnom svetlosnom stimulu.

Ogledi pokazuju da mezencefalična životinja može da se kreće, pa čak i da zaobiđe prepreku. Opisani su brojni refleksi uspravljanja. Ako se životinja položi na bok, dolazi prvo do uspravljanja glave, kao posledice nejednakog razdraženja labirinta jedne i druge strane. Međutim, i životinja sa razorenim labirintom uspravlja glavu zbog različite količine impulsa sa kože jedne i druge strane tela. Nakon što se glava dovede u uspravan položaj, javlja se razlika u istegnutošću mišića vrata, što opet stvara novu razliku u broju signala i talas razdraženja sada zahvata vratno-grudni deo kičmene moždine i širi se dalje dok se životinja ne uspravi. Kod viših sisara na uspravljanje značajno utiču i vidne informacije, koje mogu pomoći životinji kojoj je razoren labirint i sprečena impulzacija sa kore, ali samo ako je kora velikog mozga očuvana.

Kod primata (čovekoliki majmuni i čovek) postoji i refleks hvatanja. Ako takva životinja leži na boku, ekstremitet bliže podlozi je maksimalno ispurčen, a gornji je u fleksiji. Životinja gornjim ekstremitetom vrlo čvrsto hvata svaki predmet sa kojim je u kontaktu.

Ako životinja zavezanih očiju počne naglo da pada sa visine, reakcija će biti ekstenzija prednjih ekstremiteta i širenje šapa, čime se ona sprema na doskok. Ovo je labirintni refleks, koji se zapaža i kod čoveka. Pri svakom skoku sa visine ili doskoku posle skoka uvis kontrahuju se mišići zadnje lože potkolonice, postavljaju stopalo prema podlozi i na taj način amortizuju očekivani udarac o podlogu.

MALI MOZAK (cerebellum)

Mali mozak (*cerebellum*) smešten je u zadnjoj moždanoj jami i sa ostalim delovima CNS-a ostvaruje veze preko tri para nožica (*pedunculi cerebelli*). Na malom mozgu se razlikuju dve bočne hemisfere i centralno postavljena uzdužna masa, koja se zove *vermis* ili *crv*. Koru malog mozga čini siva masa, ispod koje je bela masa sa četiri potkoma jedra. Veoma je izbrazdana većim brojem vijuga ili listova (*folia*) i po svojoj površini je skoro dva puta veća od kore velikog mozga, iako mali mozak predstavlja samo 10% ukupne moždane mase.

Mali mozak dobija informacije iz kičmene moždine – uglavnom proprioceptivne iz mišićnih vretena, tetiva i zglobova, iz produžene moždine – posebno iz vestibularnih jedara, iz mezencefalona i motorne kore velikog mozga. Informacije se prenose u koru malog mozga, gde se obrazuju, a potom se prekopčavaju preko dubokih jedara cerebeluma i odlaze u sve pomenute strukture. Posebno su značajne veze malog mozga sa motornim jedrima kičmene moždine, crvenim jedrom (*n. ruber*) u mezencefalonu i motornom korom velikog mozga. Veze se ostvaruju preko najdebljih mijelinizovanih vlakana brzinom od 100 m/s. I ovaj podatak ukazuje na veliki značaj malog mozga.

Mali mozak ima značajnu ulogu u regulisanju pokreta. Međutim, nadraživanje bilo kojeg dela kore ili njegovih jedara neće izazvati kontrakciju nekog mišića, niti neku senzaciju. Zato se mali mozak naziva „nemom zonom“, što može dovesti do zabune jer to uopšte ne znači da on ne ispoljava nikakvu aktivnost. Oštećenja malog mozga neće izazvati gubitak motorike, tj.



Grupa autora
1861

nemogućnost obavljanja nekog pokreta, ali će pokreti biti značajno izmenjeni. U hemisferama malog mozga i to u (njegovom centralnom) području *vermis* postoji tačna projekcija pojedinih delova tela (glava, ruka, noge, trup), slično kao i u motornoj i senzitivnoj kori velikog mozga. Slika 4.5. prikazuje da u cerebelumu postoje dve projekcije tela. Za razliku od malog mozga, u kori velikog mozga postoji po jedna projekcija tela u motornoj i u senzitivnoj zoni.

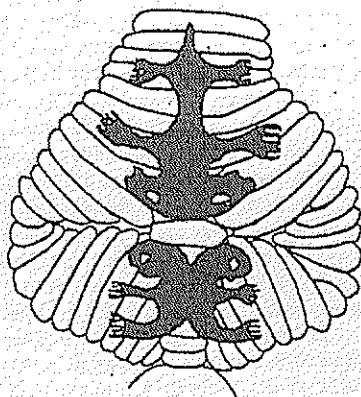
Bočni delovi hemisfera malog mozga povezani su sa motornim i premotornim zonama kore velikog mozga, a osnovna uloga im je planiranje pokreta. Delovi kore koji se nalaze uz sam *vermis* takođe su povezani sa motornom korom velikog mozga, ali i sa proprioreceptorima mišića. U ovim neuronima upoređuju se naredbe iz kore velikog mozga sa trenutnim izvršavanjem pokreta. U

slučaju potrebe, iz ove zone se u veliki mozak upućuje zahlev za korekciju pokreta koji se obavlja. Impulsi koji se šalju u motorni korteks velikog mozga ukazuju gde je greška, što se vrlo brzo ispravlja novim programom (obrascem) pokreta, koji stvara motorna kora velikih hemisfera. Kod brzih pokreta ovaj deo malog mozga predviđa (izračunava) moguće kretanje i stalno o tome obaveštava veliki mozak. Takođe, ovaj deo izračunava brzinu sopstvenog kretanja i mogućnost sudara sa preprekom. Deo malog mozga – flokulonodularni režanj – zajedno sa *vermisom* ostvaruje kontrolu položaja tela i pokrete očiju, pošto ima bogate veze sa vestibularnim jedrima.

Ako se mali mozak ošteti, nastaju poremećaji u motorici koji se jednim imenom zovu *ataksija*. Kod pokreta se uočava nepravilna brzina i jačina, a posebno greška u pravcu. Hodanje je teturavo, sa široko razmaknutim nogama, kao kod alkoholisane osobe. Brzi pokreti ruku su otežani, posebno ako se frekventno uključuju agonisti i antagonisti (brzo pokretanje dlana nagore pa nadole – više puta). Fini pokreti su teško izvodljivi. Ciljni pokreti se takođe loše izvode – cilj se ili prebaci ili se pokret okonča pre cilja. Kod čoveka je i govor izuzetno poremećen. Ako je oštećen flokulonodularni režanj, nastaju teškoće u održavanju ravnoteže, koje se ne manifestuju dok osoba mirno stoji, već kad je primorana da se kreće.

MEĐUMOZAK (diencephalon)

Međumozak se sastoji iz više grupa jedara, koja pripadaju različitim strukturama – hipotalamusu i talamusu. Donja grupa jedara sačinjava hipotalamus, koji predstavlja vezu između nervnog i endokrinog sistema, pa se često tretira kao endokrini organ i govori se o neuroendokrinoj funkciji CNS-a. Na hipotalamusu „visi“ *hipofiza*, veoma značajna žlezda sa unutrašnjim



Slika 4.5. – Homunkulusi u vermisu malog mozga majmuna



Kineziologija
1871

lučenjem, čiji hormoni kontrolišu rad većine drugih endokrinih žlezda (polne žlezde, kore nadbubrega, štitne žlezde). Spej hipofize i hipotalamusa ima oblik levka (*infundibulum*), sa središnjim uzvišenjem (*eminentia mediana*). U ovim strukturama nalazi se bogata kapilarna mreža. U neposrednoj okolini kapilara završavaju se brojni aksoni, čija ćelijska tela čine jedra hipotalamusa. U tim ćelijama stvara se više oslobađajućih ili kožućih faktora tj. hormona, koji se potom izlučuju u hipofizni krvotok. Na taj način hipotalamus ostvaruje kontrolu otpuštanja hormona *prednjeg reznja* hipofize (*adenohipofiza*) u krv.

Dva posebna jedra hipotalamusa – *n. supraopticus* i *n. paraventricularis* – stvaraju hormone za koje se nekad verovalo da su produkt rada ćelija *zadnjeg reznja* hipofize. Po današnjem shvatanju, gotovi hormoni se samo čuvaju u zadnjem reznju i na komandu otpuštaju u krv. Ćelije hipotalamuskinih jedara imaju sposobnost da precizno mere količinu vode i soli u krvi i međutkivnoj tečnosti, tj. osmotski pritisak. Tako porast količine soli izaziva otpuštanje antidiuretskog hormona (ADH, vazopresin), koji snažno smanjuje izlučivanje vode mokraćom. Obrnuto, ako je organizam opterećen vodom, ADH se ne luči i diureza raste. Time se smanjuje ispunjenost i istezanje krvnih sudova, pa krvni pritisak opada.

Druga grupa jedara predstavlja više vegetativne centre, za koje je karakteristično da nemaju sopstvene izlazne puteve. Međutim, oni ostvaruju složene uticaje, povezujući funkcije većeg broja niželežećih vegetativnih jedara (jedra u ponsu i meduli oblongati, jedra u kičmenoj moždini). Tako, recimo, centar za *termoregulaciju* menja rad srca, prokrvljenost kože, stanje glatkih mišića – podizača dlake (naježnosti), intenzitet metabolizma, izaziva drhtanje (nevoljne kontrakcije skeletne muskulature). Od viših vegetativnih centara treba pomenuti centar za glad, centar za žeđ i centar za sitost.

Jedra hipotalamusa povezana su i sa jedrima talamusa, a posebno su bogate veze sa strukturama koje čine *limbički sistem*, preko kojeg se ostvaruje emocionalna obojenost nekih reakcija. To je uočljivo u reakcijama besa, straha, a posebno u seksualnom ponašanju.

Talamus se takođe sastoji od velikog broja tela ćelija, svrstanih u dve grupe jedara. Grupa *specifičnih jedara* predstavlja mesto prekida drugog neurona svih čulnih signala (jedino se mirisni put ne prekida u talamusu, ali je talamus posredno obavešten). Iz njih polazi treći neuron, koji se završava u tačno lokalizovanoj oblasti kore velikog mozga. Prema tome, postoji topografska povezanost određenog jedra talamusa i određenog dela kore. Ranije se smatralo da informacije sa vestibularnog čula (čula ravnoteže) i informacije o bolu ne idu u koru, već se završavaju na nivou talamusa. Međutim, dokazano je postojanje vlakana koja i ove informacije prenose u koru. Vlakna iz grupe *neprecifičnih jedara* talamusa difuzno odlaze u koru hemisfera.

Veza svih jedara talamusa sa korom je dvostrana, jer i vlakna iz kore ulaze u talamuskina jedra. Prekid veze između talamusa i neke zone kore velikog mozga potpuno izbacuje taj deo kore iz funkcije.

VELIKI MOZAK (telencephalon)

Veliki mozak predstavlja najviši funkcionalni deo CNS-a. Sastoji se od dve hemisfere, koje su međusobno povezane. Siva masa na površini čini koru velikog mozga. Ona je izbrzdana i podeljena na vijuge (*gyrus*), čime se značajno povećava sama površina hemisfere. Više vijuga



Grupa autora

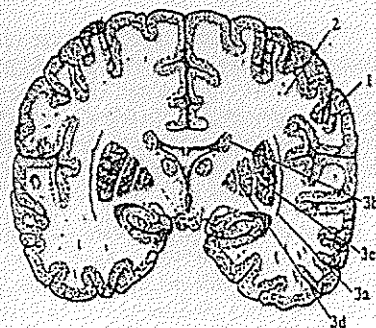
188/

čini lobus. U kora velikog mozga dolaze informacije iz svih regiona tela i iz svih čula, preko talamo-kortikalnih veza, iz malog mozga i iz bazalnih ganglija. Izlazni put čine glavni motorni put organizma – kortiko-spinalni put – i njegov deo – kortikonuklearni put. Takođe postoje veze prema malom mozgu i bazalnim ganglijama.

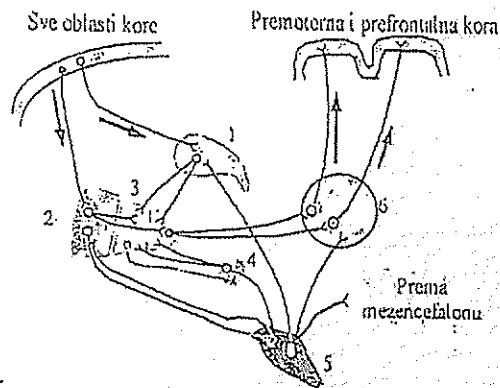
Belu masu uglavnom čine veze između pojedinih delova kore. To su veze između asocijativnih i primarnih zona čula i motorne oblasti ili između samih asocijativnih zona. U beloj masi ispod kore nalazi se nekoliko velikih jedara, koja čine sistem bazalnih ganglija.

Bazalne ganglije. U bazalne ganglije funkcionalno spadaju *nucleus caudatus*, *putamen*, *globus pallidus*, *suptalamično jedro* i *substantia nigra*. Ulazne informacije u ovaj sistem jedara dolaze iz svih delova kore velikog mozga. Ulazna jedra su repato jedro (*n. caudatus*) i putamen. Pretpostavlja se da postoji i ulaz iz talamusa (sl. 4.7). Postoji više krugova veza između samih jedara. Izlazne informacije idu iz dva jedra, *substantia nigra* i *gl. pallidus*. Veza ide prema talamičnim jedrima, a odatle u premotornu i prefrontalnu oblast. Svi neuroni ovog sistema su košćeci – inhibitorni.

Mada funkcija bazalnih ganglija nije do kraja razjašnjena, pretpostavlja se da ove strukture imaju značajnu ulogu u *planiranju pokreta*. Pošto dobijaju informacije iz svih delova kore (vidni



Slika 4.6. – Anatomske položaj bazalnih ganglija: 1 – siva masa, 2 – bela masa, 3 – bazalne ganglije (a – *claustrum*, b – *nucleus caudatus*, c – *putamen*, d – *globus pallidus*)



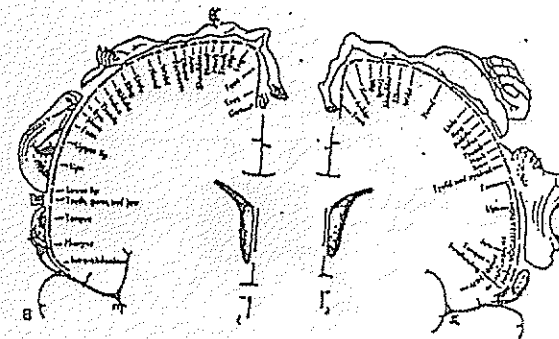
Slika 4.7. – Veze bazalnih ganglija: 1 – repato jedro (*n. caudatus*) i 2 – *putamen* su prijemni deo; 3 – *globus pallidus* i 5 – *substantia nigra* su izlazne strukture; 4 – *relejno suptalamično jedro*, 6 – *talamus*



Kineziologija

189/

Slika 4.8. – Homunkulusi u kori velikog mozga. Levo je senzitivni, a desno motorni homunkulus.



i akustički centri, površina i duboka osetljivost), a šalju odgovor u prefrontalnu i premotornu zonu, pretpostavlja se da ova jedra pretvaraju neku apstraktnu ideju u voljnu motoriku.

Mnogo više se zna o poremećajima u radu bazalnih ganglija kod ljudi nego kod životinja, kod kojih ni masivne lezije ne dovode do promene pokreta. Oštećenja i ispadi kod čoveka mogu dati dve vrste simptoma. Postoji *hiperkinetički tip* (pokreti „igranja“, balistički pokreti), koji je praćen slabošću mišića, kao i obrnuta pojava – *hipokinezija* – sa pojačanim tonusom, čak rigidnošću mišića i tremorom (podrhtavanje).

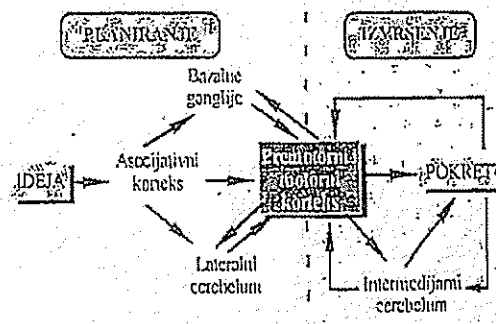
Hemisfere velikog mozga. Anatomske, hemisfere se dele na frontalni, parijetalni, temporalni i okcipitalni režanj i insulu. Hemisferama je pridodat rinencefalon (mirisni mozak). Funkcionalno, siva masa hemisfera formira primarne zone u kojima se završavaju aksoni trećeg neurona senzitivnih puteva ili polazi glavni motorni put korteksa i asocijativne zone u blizini svake primarne zone, sa mnogim vezama i ulogama. Topografsko predstavljanje pojedinih delova tela u primarnoj senzitivnoj zoni daje novi homunkulus (lat. čovečuljak). Površina kore za pojedini deo tela u senzitivnom homunkulusu zavisi od gustine receptora kože. Zato je u senzitivnoj kori trup veoma mali, a lice, prsti i dr. ogromni.

Primarna motorna oblast je precentralna vijuga (*gyrus precentralis*). Metodom nadraživanja utvrđen je raspored pojedinih mišića tela i njihova prostorna zastupljenost u kori. Tako je dobijen *motorni homunkulus*. Veličina oblasti nekog mišića u motornom homunkulusu zavisi od broja motornih jedinica, tj. broja mišićnih vlakana koja čine jednu motornu jedinicu. Veliku oblast u kori zauzima muskulatura šake i lica, mišići vezani za govor, dok su oblasti za trup, nadlaktak i butinu veoma male. Iz primarne zone polazi veći broj vlakana, koja stvaraju kortiko-spinalni put i njegov deo – kortikonuklearni put. Ispred ove vijuge nalazi se premotorna oblast, tačnije – više oblasti, koje su povezane sa primarnom motornom oblašću i drugim delovima kore. U premotornoj zoni se planira pokret. Posebni delovi premotorne oblasti vezani su za pokrete oči. U donjem delu ove zone je polje vezano za govor Brokino polje (*Broca's polje*). Njegovo oštećenje dovodi do gubitka motorne funkcije govora (*motorna afazija*).

Na slici 4.9 objedinjene su aktivnosti organizma u kontroli voljnih pokreta. U sistemu kontrole postoje dva podsistema – jedan koji planira akciju i drugi koji je izvršava. Vrlo važna kari-



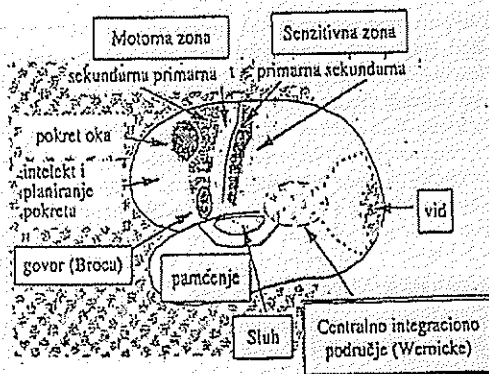
Grupa autora
1901



Slika 4.9. – Kontrola voljnih pokreta

ka u ovom lancu događaja je postojanje povratne informacije o stvarnim dimenzijama pokreta, što predstavlja vrstu negativne povratne veze (feed-back).

Senzorna polja su lokalizovana u različitim delovima kore hemisfera. Ona primaju informacije sa periferije, preko kojih se i kora velikog mozga direktno obaveštava o stanju u okolini, položaju delova tela i dr. Primarno senzitivno polje nalazi se iza primarnog motornog polja, u parijetalnom režnju iza Silvijeve brazde. Primarno vidno polje locirano je u okcipitalnom režnju, u prugastoj oblasti (*area striata*), manjim delom na spoljnoj, a većim na unutrašnjoj površini hemisfera. Završetak slušnog puta smešten je u gornjem delu temporalnog režnja. Primarno polje čula ukusa smešteno je uz primarno senzitivno polje (tj. u njemu), otprilike na mestu projekcije usta i jezika. U primarnom senzitivnom polju završava se i treći neuron za bol (samo za oštar, brzi bol). Primarno polje za miris nalazi se u olfaktornoj kori, koja je kod čoveka slabije razvijena.



Slika 4.10. – Šematski prikaz lokalizacije pojedinih primarnih i sekundarnih oblasti u kori velikog mozga



Kineziologija
1911

Oko svakog primarnog polja obično se nalazi nekoliko asocijativnih polja, u koja ne dolaze direktne informacije sa receptora. Asocijativna polja su gusto povezana sa primarnim poljima. U njima se obavlja interpretacija i prepoznavanje informacija. Po klasičnoj koncepciji, recimo, primarno slušno polje obavlja prijem zvuka, dok je prepoznavanje (da li se svira Beethoven, Bittsi ili narodna pesma, da li je u pitanju klavir, fagot ili gajde) u domenu aktivnosti asocijativnih zona. Međutim, asocijativna polja ne treba posmatrati samo kao skladište raznih vidnih, slušnih, mirisnih i drugih obrazaca; u njima se dešava i važna prerada informacija.

Spoj svih senzornih polja nalazi se na području delova parijetalnog, temporalnog i okcipitalnog režnja. To je centralno integraciono područje (*Wernickeovo područje*), koje objedinjuje pojedine senzacije čula vida, sluha i kožne osetljivosti. Takođe, ovo područje je veoma važno za funkciju govora, a oštećenja izazivaju ozbiljne poremećaje. Osoba čuje izgovorenu reč, često može da je ponovi, ali ne shvata njeno značenje. Na datu komandu ne odgovara aktivnošću. Ako je povreda bliže okcipitalnom režnju, gubi se shvatanje pisanog teksta.

Dakle, osnovna funkcija kore je analiza primljenih informacija (signala, impulsa), a time stvaranje tačne slike o događajima u okolini, interpretacija sopstvenog tela i dr., a potom sinteza tih informacija i eventualni odgovor organizma. Kora ima značajnu ulogu i u višim nervnim funkcijama, što podrazumeva stvaranje uslovnih refleksa, učenje, zatim pamćenje, procenjivanje, rasuđivanje, inteligenciju, a kod čoveka i – govor. Treba napomenuti da hemisfere u svojoj funkciji nisu ravnopravne, tj. da je kod desnorukih leva hemisfera dominantna i obrnuto. Tako povreda Brokinog centra leve hemisfere kod desnorukih izaziva prekid govora, dok ista takva povreda na desnoj strani ne daje nikakve simptome.

Motorni putevi

Klasični nervni putevi su projekcionog tipa, što znači da povezuju različite delove CNS-a. Oni se mogu grubo podeliti na ushodne (afertne) i nishodne (eferentne). Ushodni putevi najčešće obuhvataju senzitivne i čulne, nishodni *motorne puteve*.

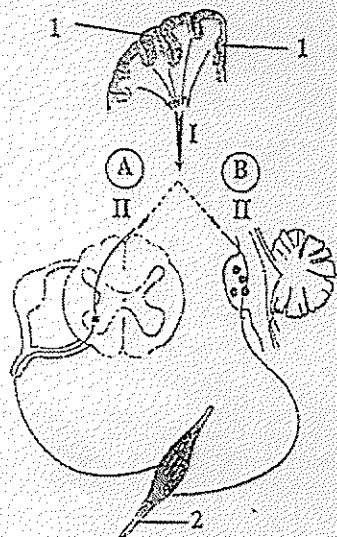
Motorni putevi su odgovorni za pokretanje pojedinih delova tela. Preko motornih puteva ostvaruju se programi koji se stvaraju u premotornoj kori velikog mozga i u malom mozgu. Najveći deo vlakana motornih puteva završava se u kičmenoj moždini i motornim jezdrima moždanih živaca (u moždanom stablu).

Motorni putevi najčešće imaju dve grupe neurona. Prvoj grupi pripadaju gornji motorni neuroni u kori mozga i u drugim sivim masama (centralni ili projekcioni neuroni). Njihovi aksoni grade motorni put. Neuroni druge grupe nazivaju se donji motorni neuroni (periferni neuroni) i nalaze se u svojoj masi kičmene moždine ili u motornim jezdrima moždanih živaca. Oni predstavljaju alfa- i gama-motoneurone. Njihovi aksoni čine motorna vlakna perifernih živaca i završavaju se u poprečno-prugastim mišićima. Preko motornih puteva mozak upravlja pokretima delova tela ili celog tela (sl. 4.11).

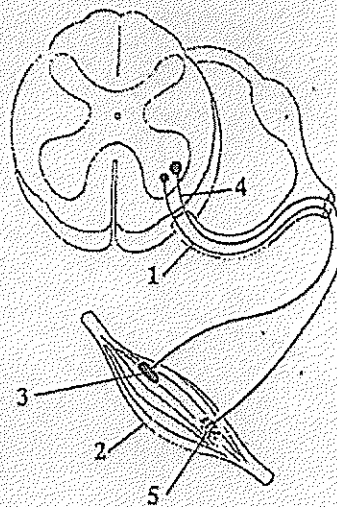
Alfa-motoneuroni imaju velika ćelijska tela. Njihovi aksoni napuštaju prednji rog kičmene moždine i ulaze u prednji koren kičmenog živca (sl. 4.12), a završavaju se u poprečno-prugastoj



Grupa autora
1921



Slika 4.11. – Neuroni motornog puta: 1 – kora velikog mozga, I – gornji motorni neuron, II – donji motorni neuron; A) neuron koji ide u sivu masu kičmene moždine, B) neuron koji ide u motorna jedra moždanih živaca, 2 – mišić



Slika 4.12. – 1 – Alfa-motorni neuron, 2 – mišić, 3 – motorna jedinica, 4 – gama-motorni neuron, 5 – neuromišićno vreteno

muskulaturi tela i udova. Svaki akson daje manji ili veći broj ogranaka, od kojih svaki oživčava po jedno mišićno vlakno i gradi tzv. *neuromišićnu spojnicu*. Skup svih mišićnih vlakana oživčanih od jednog alfa-motornog aksona naziva se *motorna jedinica*.

Gama-motoneuroni imaju mnogo manja ćelijska tela (sl. 4.12). Put im je istovetan kao i kod prethodnih neurona. Završavaju se u poprečno-prugastoj muskulaturi, na posebnim strukturama koje su poznate kao neuromišićno vreteno. Vretena su neophodna za održavanje mišićnog tonusa i miotatskih refleksa.

Alfa- i gama-motorne ćelije ulaze u sastav *donjih neurona* mnogih motornih neurona. Motorni putevi se mogu podeliti na piramidalne i ekstrapiramidalne.

PIRAMIDALNI (kortikospinalni) PUT

Tractus pyramidalis s. *corticospinalis* ili piramidalni put je najvažniji motorni put čoveka. On je odgovoran za voljne pokrete pojedinih delova tela (sl. 4.13). Najveći deo vlakana polazi



Kineziologija
1931

iz kore velikog mozga – iz prednje centralne vijuge (*gyrus precentralis*).

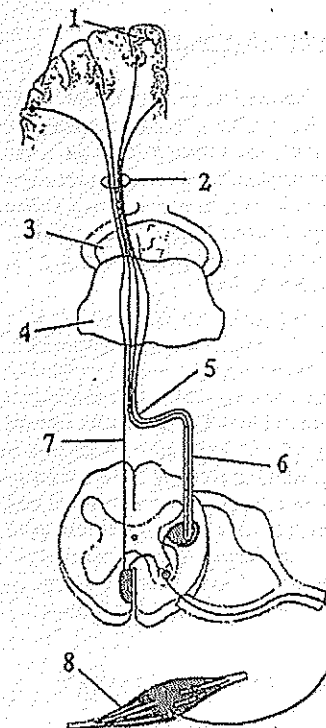
Sva vlakna se skupljaju u snop koji prelazi kroz moždanu čahuru (*capsulae internae*), a zatim kroz moždani krak srednjeg mozga (*crus cerebri mesencephali*), moždani most i produženu moždinu. Na granici između produžene moždine i kičmene moždine vlakna se delimično ukrštaju i grade raskrsnicu piramida (*decussatio pyramidum*). Najveći broj vlakana prelazi na suprotnu stranu i grade bočni kortikospinalni put (*tractus corticospinalis lateralis*). Preostala neukrštena vlakna ostaju na svojoj strani i grade prednji kortikospinalni put (*tractus corticospinalis anterior*).

Preko 50% vlakana oba snopa završava se u vratnom delu kičmene moždine i služi za regulisanje pokreta šake. Aksoni prednjeg kortikalnog puta, pre svog završetka, prelaze na suprotnu polovinu kičmene moždine.

U simptomatologiji i dijagnostici patoloških procesa na piramidalnom putu od praktične važnosti je postojanje dva neurona u sastavu motornog puta. Naime, drugačiji su simptomi ako je oštećen gornji, a drugačiji ako je oštećen donji neuron. Pri oštećenju donjeg neurona nastupa mlitava oduzetost odgovarajuće grupe mišića, koja je i bez tonusa, a letivni refleksi nedostaju. Uzrok mlitave oduzetosti je oštećenje donjeg neurona i isključenje funkcije refleksnog luka kojim se održava tonus mišića.

Površina tela je uvek podražena, zaštita je dovoljan i sam dodir odela. Ovaj nadražaj aferentnim senzitivnim vlaknima ulazi u kičmenu moždinu. Preko spojnice ovih ćelija nadražaj se prebacuje na motorne ćelije prednjeg roga, a potom na mišiće. Zato tonus mišića može postojati samo dok je održan donji neuron piramidalnog puta a time i sam refleksni luk. Primer bolesti pri kojoj je uništen donji neuron je dočija paraliza.

Ako je uništen *gornji neuron*, na primer kod krvarenja u mozgu, takođe nastaje paraliza određene grupe mišića, ali je oduzetost spastična, grčevita, jer je refleksni luk održan, ali nedostaje kontrola, odnosno regulacija tonusa.



Slika 4.13. – Piramidalni put (*tractus corticospinalis*): 1 – primarno motorno polje, 2 – unutrašnja moždana čahura, 3 – srednji mozak, 4 – moždani most, 5 – raskrsnica piramida, 6 – bočni kortikospinalni put, 7 – prednji kortikospinalni put, 8 – mišić

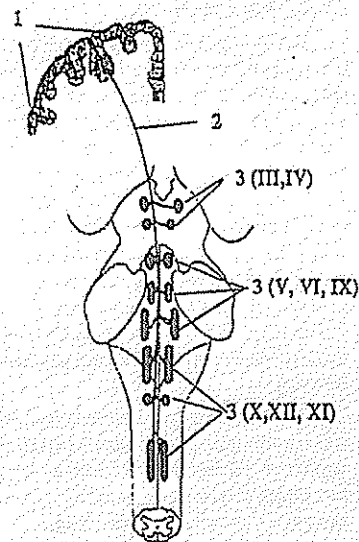


Grupa autora
1941

KORTIKONUKLEARNI PUT

Kortikonuklearni put (*tractus corticonuclearis*) može se shvatiti kao deo piramidalnog puta. Kortikonuklearni put se razlikuje od piramidalnog puta po svom početku koji se nalazi u području donje trećine prednje centralne vijuge, i po određitu ili završetku, jer se završava u motornim jedrima moždanih živaca.

Ovaj put postoji samo kod primata i čoveka (sl. 4.14). Vlakna prolaze kroz moždanu čahuru (*capsula interna*) srednji mozak, do moždanog stabla, gde se završavaju u jedrima moždanih živaca. Skoro sva motorna jedra moždanih živaca imaju dvostruku inervaciju vlaknima iz desnog i levog kortikonuklearnog puta. To se posebno odnosi na jedra živaca čija vlakna inervišu mišiće koji se ne mogu pod uticajem volje grčiti samo na jednu stranu, već samo obostrano (mišići grkljana, ždrela, nepca, mišići za žvakanje).



Slika 4.14. – Kortikonuklearni put: 1 – motorno polje, 2 – kortikonuklearni put, 3 – motorna jedra moždanih živaca

EKSTRAPIRAMIDALNI PUTEVI

Ekstrapiramidalni putevi podrazumevaju sve motorne puteve van piramidalnog sistema. Ovi putevi polaze iz subkortikalnih sivih masa i regulišu automatske pokrete tela i tonus muskulature. U ekstrapiramidalne puteve ubrajaju se i veze između bazalnih ganglija, delova moždanog stabla, kao i veze sa kičmenom moždinom.

KORTIKOCEREBELARNI PUTEVI

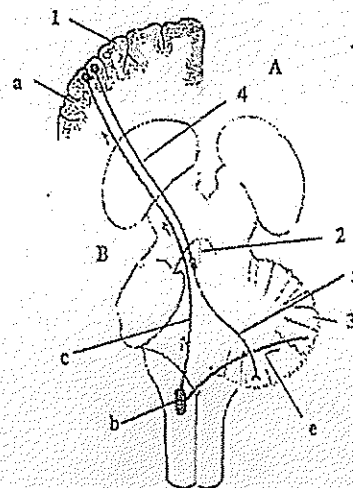
Ovi putevi povezuju koru velikog mozga sa korom i jedrima malog mozga. Postoje dva osnovna kortikocerebelarna sistema (sl. 4.15).

a) *Kortiko-ponto-cerebelarni sistem* polazi vlaknima iz različitih delova kore mozga, deli se na nekoliko puteva, a svi se završavaju u jedrima moždanog mosta (*nuclei pontis*). Odatle se drugim neuronima nastavljaju do malog mozga, u koji ulaze preko njegovog srednjeg kraka.

b) *Kortiko-olivo-cerebelarni sistem*. Kortiko-olivarni snop polazi iz motorne kore i završava se u donjem olivarnom kompleksu (kao kortikoolivarni put); olivo-cerebelarni snop povezuje olivarna jedra i mali mozak (kao olivocerebelarni put). Ovaj sistem je verovatno odgovoran za motorno učenje.



Kineziologija
1951



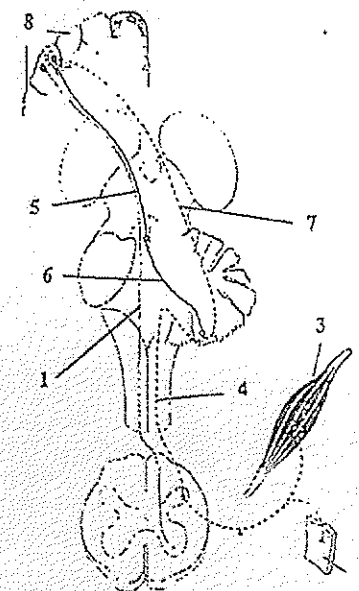
Slika 4.15. – Kortikocerebelarni putevi

A) kortiko-ponto-cerebelarni sistem:
1 – kora mozga, 2 – jedra moždanog mosta, 3 – mali mozak, 4 – kortikopontski put, 5 – pontocerebelarni put
B) kortiko-olivo-cerebelarni sistem: a – kora (motorna) mozga, b – olivarni kompleks, c – kortikoolivarni put, e – olivocerebelarni put

Navedeni putevi učestvuju u funkcionisanju malog mozga, što je shvatljivo na primeru kontrole somatomotornih akcija: kada neko želi da napravi pokret, impulsi iz motorne kore velikog mozga odlaze preko kortikospinalnog puta u prednje robove kičmene moždine. Tamo se impuls prebacuje na alfa-motoneurone koji inervišu mišiće za izvršenje pokreta. Istovremeno, iz kore mozga informacija o nameravanom pokretu odlazi u koru malog mozga preko navedenih puteva (tj. kortikopontskog i pontocerebelarnog puta).

U toku samog pokreta reaguju receptori u mišićima, zglobovima i koži dela tela koji se pokreće. Ovi impulsi se šalju u kičmenu moždinu, a odatle stižu u mali mozak, čime ga i obaveštavaju o pokretu.

Kora malog mozga „upoređuje“ nameravani pokret i pokret koji je u toku, automatski izračunava „grešku“ i šalje korektivne impulse u koru velikog mozga. Impulsi iz velikog mozga odlaze do mišića i pokret se koriguje (sl. 4.16).



Slika 4.16. – Veze malog mozga: 1 – kortikospinalni put, 2 – koža, 3 – mišić, 4 – impulsi koji obaveštavaju mali mozak o pokretu, 5 – kortikopontski put, 6 – pontocerebelarni put, 7 – korektivni impulsi za koru velikog mozga, 8 – kora mozga



Senzitivni putevi

Senzibilitet se može podeliti na površni i duboki.

U površni senzibilitet spada osećaj dodira, bola, temperature i taktilne diskriminacije.

U duboki senzibilitet spada osećaj položaja mišića i zglobova (propriocepcija), duboki mišićni bol i osećaj vibracije (palestezija).

Mehanizmi za površni i duboki senzibilitet učestvuju u *stereognoziji*, tj. prepoznavanju i imenovanju poznatih predmeta koji se stave u šaku, kao i u *topognoziji*, tj. u sposobnosti da se lokalizuje mesto dodira. Da bi se to ostvarilo, senzitivni putevi moraju biti očuvani.

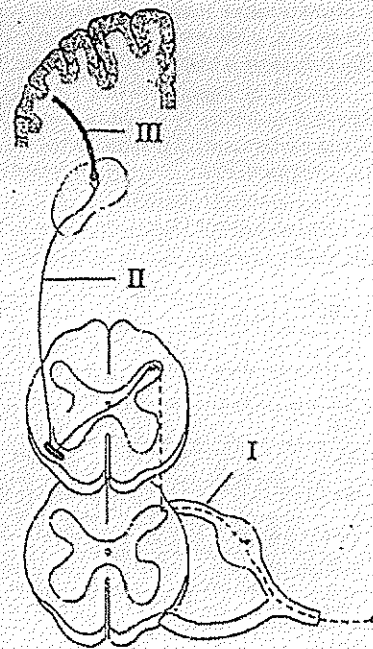
Senzitivni putevi donose centralnom nervnom sistemu informacije iz svih delova tela, kao i okolne sredine. Ovi putevi sastoje se od tri grupe neurona. U prvoj grupi nalaze se neuroni koji pripadaju perifernom živcu i nazivaju se neuroni I (*periferni neuroni*). Spoljašnji kraj neurona I polaze sa receptora. Telo ovih nervnih ćelija nalazi se u ganglionima kičmenog živca. Druga grupa neurona nalazi se u sivoj masi kičmene moždine ili u senzitivnim jedrima moždanih živaca. Oni se nazivaju neuroni II (*centralni neuroni*). Aksoni ovih nervnih ćelija grade senzitivni put. Treća grupa neurona nalazi se u talamusu. Nazivaju se neuroni III (*kortikalni neuroni*). Aksoni ovih nervnih ćelija završavaju se u kori mozga (sl. 4.17).

SPINOTALAMIČKI PUT

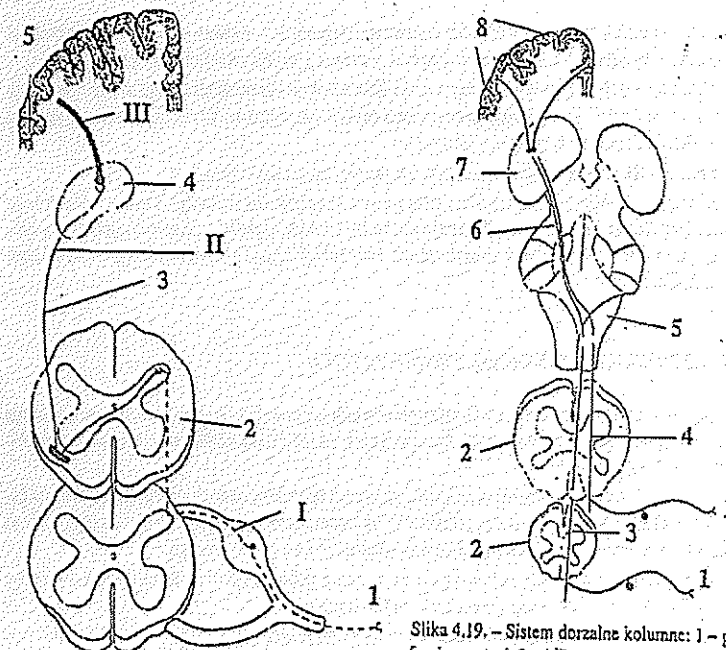
Spinotalamički put (*tractus spinothalamicus*) naziva se i Edingerov put ili put za površni (svesni) senzibilitet (sl. 4.18). Preko ovog puta se prenosi svesni senzibilitet trupa i udova i to dve vrste osećaja: prvo, nociptivne i termalne senzacije i drugo, osećaje lakog dodira, svraba, golicanja i seksualne senzacije. Edingerov put ima tri grupe neurona.

Neuroni I nalaze se u ganglijama kičmenih živaca i njihov spoljašnji kraj polazi iz površnih tkiva – od receptora.

Neuroni II polaze iz zadnjeg roga kičmene moždine, zatim prelaze na suprotnu polovinu kičmene moždine i grade spinotalamički put (*tractus spinothalamicus*), koji se perje bočnom vrpcom kičmene moždine i moždanog stabla sve do talamusa.



Slika 4.17. – Senzitivni put: neuron I (periferni neuron), neuron II (centralni neuron), neuron III (kortikalni neuron)



Slika 4.18. – Spinotalamički put:
1 – receptori, 2 – kičmena moždina, 3 – spinotalamički put, 4 – talamus, 5 – zadnja centralna vijuga, I – neuron I, II – neuron II, III – neuron III

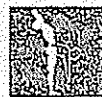
Slika 4.19. – Sistem dorzalne kolumnne: 1 – periferni receptori, 2 – kičmena moždina, 3 – unutrašnji snop, 4 – spoljašnji snop, 5 – produžena moždina sa istoimenim jedrima, 6 – *lemniscus medialis*, 7 – talamus, 8 – kora velikog mozga

Neuroni III polaze od talamusa i završavaju se u primarnom somatosenzornom korteksu, tj. u zadnjoj centralnoj vijuzi.

SISTEM DORZALNE KOLUMNNE I MEDIJALNOG LEMNISKUSA

Ovaj sistem služi za prenošenje osećaja finog dodira, taktilne diskriminacije, kinestezije i vibracije. Poznat je pod nazivom *put svesnog dubokog senzibiliteta* (sl. 4.19). Sastoji se iz tri grupe neurona.

Neuroni I polaze iz receptora koji se nalaze u zglobnim čahurama i tetivama mišića, ulaze u zadnju vrpcom bele mase kičmene moždine i penju se naviše. Grupišu se u dva snopa: unutrašnji



Grupa autora
1981

(*fasciculus gracilis*) i spoljni (*fasciculus cuneatus*). Najveći deo vlakana ova dva snopa završava se u produženoj moždini u istoimenim jedrima (*nucleus gracilis* i *nucleus cuneatus*).

Neuroni II polaze najvećim delom iz ovih jedara i obrazuju medijalni snop moždanog stabla (*lemniscus medialis*). Vlakna medijalnog snopa prelaze na suprotnu stranu, ukrštaju se, prolaze kroz moždano stablo i završavaju u talamusu.

Neuroni III iz jedara talamusa odlaze ka zadnjoj centralnoj vijuzi.

U sistemu medijalnog lemniskusa postoji somatotopska organizacija. Naime, vlakna koja prenose impulse iz jednog dela tela imaju precizno određen položaj u čitavom sistemu. Medijalni ili unutrašnji snop sprovodi svesni duboki senzibilitet trupa i udova i opšti (površni i duboki) senzibilitet glave.

PUT NESVESNOG DUBOKOG SENZIBILITETA

Impulsi iz mišićnih vretena i Golgijevih tetivnih organa stižu u mali mozak bez dopiranja svesli. Put nesvesnog dubokog senzibiliteta je važan za refleksno održavanje ravnoteže čovečijeg tela u miru i u pokretu.

Neuroni I, odnosno senzitivni impulsi, vlaknima iz mišića, tetiva i ligamenata ulaze u zadnji deo kičmene moždine odakle polaze dva spinocerebelarna puta, prednji i zadnji, koji se penju bočnom vrpcom kičmene moždine i završavaju u kori malog mozga.

Nervna vlakna prednjeg puta ukrštaju se na svom početku i prolazi kroz donji krak malog mozga. Zadnji put prolazi kroz gornji krak malog mozga.

Iz kore malog mozga polaze drugi putevi koji dolaze do jedara malog mozga, a zatim i do talamusa, gde uspostavljaju odnos sa ekstrapiramidalnim motornim sistemom.

Receptori

Prema kibernetičkim postavkama, svaki živi organizam predstavlja sistem u kome se tačno održavaju hijerarhija i međusobne veze pojedinih delova i koji s okolinom stalno razmenjuje materije, energiju i informacije. Tako posmatrana, svaka živa struktura je sistem za prijem, preradu, skladištenje i odašiljanje informacija. Da bi organizam čoveka ili životinje mogao da se ponaša saobrazno trenutnoj situaciji i potrebama, moraju postojati precizna obaveštenja o trenutnom stanju u pojedinim njegovim delovima, a takođe i o različitim promenama u bližjoj i daljoj okolini. Te informacije stižu u organizam preko njegovih senzornih, aferentnih sistema, tj. preko naših čula. Čula su ulazni delovi sistema za prijem i preradu informacija – centralnog nervnog sistema. Ona se sastoje iz najmanje tri osnovna dela: prijemni deo se naziva *receptor*, potom se dobijena informacija odvodi preko senzitivnih vlakana i senzitivnih puteva *spovodnim delom*, da bi se predala ćelijama kore velikog mozga, koje predstavljaju *centralni deo čula*. Potom nastaje odgovor organizma preko motornih, eferentnih sistema, uz pojavu određene motorne radnje (izbegavanje prepreke, odbrana, napad).

Prijem informacija (draž, nadražilac) obavlja se preko posebnih ćelija koje se nazivaju receptori. Ove ćelije su posebni pretvarači koji različite vidove spoljne ili unutrašnje energije



Kineziologija
1991

pretvaraju (kodiraju) u signale, čijim se tumačenjem (dekodiranjem) u centralnom nervnom sistemu dobija tačna informacija o veličini te energije, mestu delovanja i slično. Signali koji odlaze iz receptora su biopotencijali i prenose se odgovarajućim nervima. Sam receptor može biti nervni završetak, i tada se govori o primarnim receptorima. Takvi su, recimo, mirisni receptori, koji predstavljaju nervne ćelije. Sekundarni receptori su specijalizovane ćelije koje su u stanju da stvore akcioni potencijal i da ga predaju nervu. Kao primer mogu se navesti receptori čula ukusa, koji su izmenjene epitelne ćelije. Oni imaju sinapse sa aferentnim nervom i predaju mu biopotencijale. Ponekad su receptori smešteni u posebne organe, kao što je oko, dok su drugi široko rasprostranjeni pojedinačno ili u grupama, kao receptori za dodir, za temperaturu ili za bol u koži. To su visokospecijalizovane ćelije koje imaju najniži prag za određenu vrstu energije. Naše telo je u stanju da prima informacije o promenama različitih energija, recimo – mehaničke (dodir, pritisak, pritisak težnosti u unutrašnjem uhu), toplotne, elektromagnetne (svetlost), hemijske (miris, ukus, sadržaj O_2 putem receptora u krvnim sudovima). Energija na koju receptor odgovara naziva se *adekvatni stimulus*. U principu, receptor može da odgovori i na druge vrste energije, ali one moraju biti veoma jake. Tako će fotoreceptori odgovoriti i na jaku mehaničku draž, kakva je udarac po oku, s pojavom tzv. svetlaca.

Postoje brojne podele receptora. Do sada su pominjani uglavnom receptori orijentisani na prijem draži iz okoline. To su *eksteroreceptori*. Postoje i receptori preko kojih se saznaje o promenama u unutrašnjosti organizma, recimo o porastu krvnog pritiska, količini kiseonika u krvi ili o napunjenosti želuca. Ovi receptori nazivaju se *interoreceptori*.

Proprioreceptori informišu o položaju tela ili delova tela u prostoru, mada su za sliku o telu u prostoru značajni i receptori kože, jer pri savijanju zglobova postoji i deformacija okolne kože. Podela po vrstama draži je već navedena. Postoji podela na kontaktne i distantne recep-

OSEĆAJ	RECEPTOR	SENZORNI ORGAN
svetlost	štapici i čepici	oko
zvuk	trepljaste ćelije	Kortijev organ
ukus	posebne ćelije	gustativne kvrčice
miris	olfaktorni neuroni	sluzokoža u nosu
rotacija	trepljaste ćelije	polukružni kanali
linearno ubrzanje	trepljaste ćelije	utrlikulus i sakulus
dodir-pritisak	nervni završeci	koža, sluzokoža
toplo	nervni završeci	kožu, sluzokoža
hladno	nervni završeci	kožu, sluzokoža
bol	goli završeci	koža, sluzokoža
položaj zglobova	nervni završeci	
dužina mišića	nervni završeci	mišićno vreteno
pritisak u mišiću	nervni završeci	Golgijev organ



Grupa autora

/ 100 /

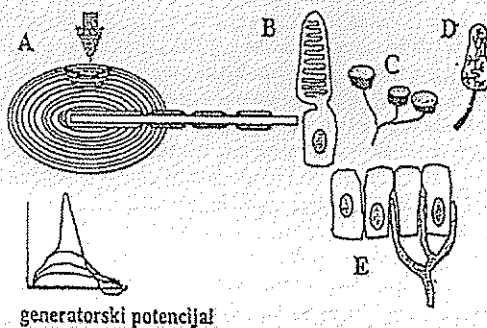
tore. Da bi se shvatila sva složenost različitih senzornih signala, biće navedena skraćena tabela receptora i osećaja koje prenose.

U tabeli su navedeni samo oni receptori čije informacije dopiru do naše svesti. Postoje i brojne informacije koje se ne primaju svesno, kao što je sastav krvi ili visina krvnog pritiska.

Neki od najkarakterističnijih receptora prikazani su na slici 4.20. Postoje određene razlike u funkcionisanju pojedinih receptora. Tako su neki brzo adaptabilni, a neki se ne mogu uopšte adaptirati. Pačinijeva telašca, kojima brojne ovojnice služe za amortizovanje sile, tako su adaptabilna da pošalju svega 2-3 impulsa i prestanu. Po prestanku delovanja sile opet pošalju 2-3 impulsa. Prema tome, ovi su receptori specijalizovani za prijem sile velike učestalosti (vibracija). Receptori za bol praktično se ne adaptiraju, što je u skladu sa njihovom informacijom – kad nešto boli u pitanju je najčešće oštećujuća draž, pa ne bi bilo uputno na nju se adaptirati. Slično je i sa receptorima mišića – intrafuzalnim vlaknima, kojima se meri stepen skraćivanja mišića. Bilo kakva adaptacija ovih receptora vodila bi direktno u nepreciznost motorne radnje.

Postoji i određena sličnost u funkcionisanju receptora. Oni su u stanju da stvaraju *generatorski potencijal*, koji se veoma razlikuje od akcionog potencijala nerva i mišića. Ovaj potencijal ima voltazu proporcionalnu veličini sile koja deluje, na primer na Pačinijeva telašca (sl. 4.20. A) i izaziva sasvim malu promenu potencijala. Kad je sila udvostručena, potencijal se udvostruči. Najzad, u nervnom vlaknu se javlja akcioni potencijal kada generatorski potencijal pređe vrednost od 10 mV. Ako se pritisak poveća, generatorski potencijal još više raste, odvojni nerv sve češće odašilja impulse. Prema tome, jačina draži u senzitivnom nervu kodira se *brojem impulsa* – frekvencijom odašiljanja. U organizmu postoji i drugi način da se kodira jačina draži – uključivanjem većeg broja receptora.

Kodiranje mesta na kome deluje draž takođe je složena funkcija. Senzitivna vlakna iz raznih oblasti kože ulaze u tačno određene segmente kičmene moždine i na taj način je telo podeljeno na veliki broj *dermatoma*. U senzornoj regiji kore velikog mozga takođe postoji podela, prema kojoj je veličina površine postcentralne vijuge, koja prima informacije sa određenog dela tela, u direktnom odnosu sa *gustinom receptora* tog dela tela. Najveća gustina receptora za dodir, pritisak i temperaturu je na licu i usnama. Ako bi se čovek nacrtao prema rasporedu i gustini receptora, on bi imao ogromne usne, veliko lice i čelo, veoma velike prste na rukama, pose-



Slika 4.20. – Šematski prikaz nekih receptora: A – Pačinijeva telašca, B – štapići i čepići oku, C – Merkelovi diskovi, D – Majsnereva telašca, E – slobozni nervni završeci. U uglu je dat generatorski potencijal receptora.



Kineziologija

/ 101 /

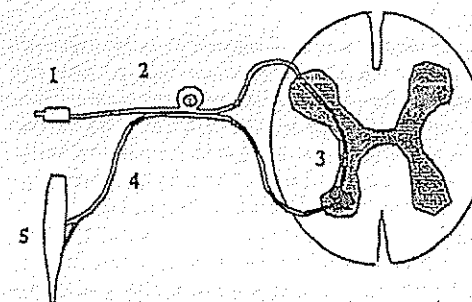
bno palac, a sasvim mala leđa, ruke i noge. Poznato je da se osobe posle amputacije ekstremiteta dugo žale na bolove u tom ekstremitetu, što je pojava poznata kao *fantamski ud*.

Kod posebnih receptora, kakvi su fotoreceptori u oku, postoji i izvanredno širok dijapazon dejstava. Oni mogu da reaguju na tako malu energiju kao što je samo 1 foton, a isto tako i pri blještavoj svetlosti Sunca. U oku postoje dve vrste ovih receptora, od kojih su jedni specijalizovani za viđenje u sumraku (štapići) a drugi za jako svetlo i za viđenje boja (tri vrste čepića).

Refleksi

Prema definiciji, refleksi su „zakonomerna reakcija organizma u kojoj obavezno učestvuje centralni nervni sistem“. Anatomska podloga refleksa je refleksni luk. U sastav refleksnog luka ulazi pet delova: 1) receptor, 2) aferentno (senzitivno) nervno vlakno, 3) centar (sinapsa), 4) eferentno (motorno) nervno vlakno, 5) efektor (sl. 4.21).

U organizmu se retko nalaze ovako jednostavni refleksi sa prostim refleksnim lukom. Ovakvi refleksi nazivaju se *monosinaptički refleksi*. U izvođenje same radnje najčešće se uključuje veliki broj neurona, ostvaruju se veze i sinapse na više različitih nivoa centralnog nervnog sistema. Ovakvi refleksi nazivaju se *polisinaptički refleksi*. Tipičan primer monosinaptičkog refleksa je refleks na istezanje. Kad se mišić naglo istegne, kao pri udaru čekićem za refleks po mišićnoj tetivi, to će kao odgovor izazvati njegovu kontrakciju. Naglo istezanje mišića prouzrokuje istezanje mišićnih vretena (intrafuzalnih vlakana) i počće impulzacija preko primarnog (A beta), ređe i preko sekundarnog senzitivnog vlakna, koje polazi samo od vretena sa jedrima u nizu. Debela senzitivna vlakna trenutno prenose informaciju o istezanju u zadnje robove kičmene moždine. Broj impulsa odgovara jačini draži. U kičmenoj moždini se impulsi prekopčavaju na motorne neurone, koji izazivaju kontrakciju celog mišića i eliminišu istezanje intrafuzalnih vlakana. Ovo je efikasan sistem povratne veze, kojim se održava stalna dužina skeletnog mišića. Ponekad je ta efikasnost malo lošija; na primer, usled zamora nastaje zakašnjenje u prenosu signala i kroz ovako kratak refleksni luk. Tada može da nastupi vidljivo podhtavanje nekog ekstremiteta (obično prstiju ruke), koje se naziva *tremor*. Postoji i fiziološki tremor pošto veza, i u normalnim okolnostima, ipak ne radi savršeno tačno. Njegova je frekvencija oko 10/s.



Slika 4.21. – Refleksni luk: 1 – receptor, 2 – aferentno nervno vlakno, 3 – centar (sinapsa), 4 – eferentni (motorni) nerv, 5 – efektor (mišić)



Grupa autora
11021

Većina refleksa ima znatno složeniju putanju, ponekad sa osnovnim centrom u nižem delu centralnog nervnog sistema, a sa krajnjim centrom u potkornim jedrima ili u samoj kori velikog mozga. Neki refleksima je veoma teško uopšte odrediti pravu putanju. Ovo je naročito slučaj kada su u izvršavanje refleksne radnje upletene i emocije ili neke vegetativne reakcije, kao što su ubrzanje rada srca ili porast frekvence disanja, nevoljno znojenje ili reakcije besa, straha itd.

Prema fiziološkim standardima, refleksi se često dele na bezuslovne i uslovne. Bezuslovni refleksi su karakteristika vrste. Prema tome, svaki ima isti broj bezuslovnih refleksa. Njihova osnovna uloga je očuvanje jedinke i vrste. Tako, postoje *ishrambeni* bezuslovni refleksi, zatim *odbrambeni*, *polni* (seksualni) i dr. Prve dve grupe su u funkciji očuvanja jedinke, dok poslednji služe za produženje vrste. Bezuslovni refleksi su relativno nepromenljivi. Pri nadraživanju konjunktive donjeg očnog kapka komadićem zašiljene vate uvek će odgovor biti refleksno zatvaranje kapka – refleks treptanja. Većina naših bezuslovnih refleksa slični su bezuslovnim refleksima životinja.

Uslovni refleksi se uče tokom života, a takođe mogu i da se zaboravljaju. Prema tome, oni su individualna karakteristika pojedinca i sasvim različite uslovne reflekse tokom života izgrađuje jedan Eskim u odnosu na Bušmana ili stanovnik nekog velikog grada u odnosu na Indijca iz prašuma Amazona. Svakoj osobi njeni naučeni uslovni refleksi služe da se prilagodi (adaptira) na konkretne uslove života i rada. To takođe znači da će osoba, ako se ti uslovi promene, menjati i brojne uslovne reflekse. Oni koji ne proizvode korisno dejstvo biće „zaboravljeni“; u pitanju je aktivno kočenje ili inhibicija uslovnog refleksa. Umesto nekorisnih radnji, formiraće se novi refleksi u skladu sa trenutnom situacijom ili osoba neće uspeti da se adaptira.

Klasična teorija o nastanku uslovnog refleksa kaže da oni nastaju na bazi bezuslovnih refleksa, kada se prethodno pošalje neka nova draž ili signal. Obično se ilustruje klasičnim ogledima u kojima se životinji daje hrana i izaziva neki ishrambeni refleks (recimo: lučenje pljuvačke), a davanje hrane prethodi svetlosni ili zvučni signal. Posle više ponavljanja životinja će i na ranije indiferentni signal početi da luči pljuvačku. Ona je uočila vezu između te dve pojave i u centralnom nervnom sistemu se formira privremena veza između ta dva žarišta razdraženja u kori velikog mozga. Proces formiranja privremene veze je proces *obučavanja*.

VOLJNI POKRETI

Sve naše motorne radnje su, u stvari, složeni motorni uslovni refleksi. Da bi se oni stekli, potrebno je mnogo truda i vremena. Za dobro učenje bilo koje motorne radnje potrebni su isti uslovi kao i za uslovne reflekse. Posebno je važno da je organizam sposoban i fizički i psihički da se uključi u proces obučavanja. Motorne reakcije su promenljive i uglavnom su pod uticajem volje. U motornim reakcijama takođe se koriste osnovni obrasci, kao što su kontrakcija, opuštanje, fleksija, ekstenzija i drugi, ali se u toku samog izvođenja mišićne aktivnosti mogu korigovati, izmeniti ili uvesti sasvim novi redosled u pojedine kontrakcije. Prilikom svakog voljnog pokreta u centralnom nervnom sistemu stvara se tačan program akcije, na bazi niza informacija iz okoline i iz organizma. Kao konkretan primer može se navesti ponašanje sportiste tokom utakmice, recimo u fudbalu. Kada je primio loptu, igrač prvo proračuna svoju poziciju (udaljenost

* Detalji o nastanku izmena u pokretu ili složenoj radnji prikazani su u poglavlju o automatizaciji pokreta.



Kineziologija
11031

od aut linije, od gola, od suigrača, od protivnika), potom proceni različite mogućnosti kretanja, uzimajući u obzir kvalitete i svojih igrača i protivnika, a i kvalitet terena, potom stvori plan-akcije i krene u određenom pravcu. Ta proračunavanja moraju se obaviti u deliću sekunde, pa ako su pogrešna, moraju se još tokom samog izvođenja korigovati. Prilikom korekcije na potpuno isti način stvara se novi plan aktivnosti. U procesu obučavanja osoba se više puta dovodi u položaj koji je sličan uslovima u realnom životu. Na ovom principu je zasnovano i obučavanje malog deteta da hoda, ali na tome se zasniva i trening sportiste i obuka vojnika da savlađuje prepreke ili da se bori.

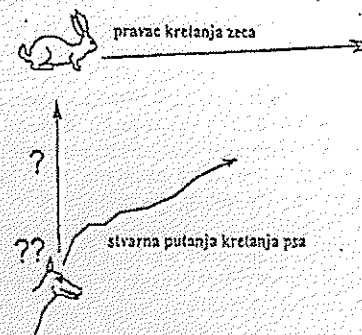
Proračunavanje nekog kretanja može biti i veoma kompleksno, naročito ako su u pitanju veoma brze kretanja. Poznato je da se pri prenosu teniskih mečeva pokazuje i brzina kretanja loptice prilikom serviranja i da cifre prelaze brzinu od 100 km/h. Može se postaviti pitanje – kako protivnik uopšte uspe da parira i vrati udarac. Slično je i u rukometu, odbojci i u još nekim sportovima. Činjenica da je protivnik postavio dobar blok u odbojci i vratio loptu u našu polje može se objasniti pojavom ekstrapolacije.

Prema slici, pas je ugledao zeca i počeo prema njemu. Ali i zec je ugledao psa i počeo da beži. Pas će trenutno „proračunati“ nove okolnosti i učiniti korekciju u pravcu svoga kretanja, višestruku ekstrapolaciju, tj. pokušavajući da predvidi moguću tačku susreta sa zecom. Naravno, i zec obavlja istu takvu ekstrapolaciju, ali sa očiglednim ciljem da do takvog susreta ne dođe. Ista je i situacija pri smeču lopte i skoku da se udar blokira. Oba igrača prave ekstrapolaciju u kojoj se proračunava moguća trajektorija lopte i efekat udarca ili odbrane. Bolje naučeni igrač će ovaj posao obaviti lakše (sl. 4.22).

U toku obučavanja, od velike je važnosti *postepenost*. Pri tom se misli i na postepeno opterećivanje, ali i na postepenost u usvajanju elemenata različite težine. Tako je moguće neku kompleksnu motornu radnju raščlaniti na prostije pokrete ili kombinacije pokreta i usvajati deo po deo. Dobro je držati se pri tom i redosleda pokreta, kakav on treba da bude kad se konačno usvoji. Pri obučavanju skijaške tehnike „kristijanija“ prvo se obučava prelaženje u blagi čučanj, potom pokret rukom i ubadanje odgovarajućeg štapa pored skije. Počim se uče ostali elementi – rasterećenje, izlaz iz čučnja i slično. Međutim, velika je greška ako se svaki deo do kraja utvrdi, pa tek onda pređe na obučavanje celine. Tada će motornoj radnji nedostajati slivenost i delovaće kao da je u delovima, sa grubim prelazima između pojedinih aktivnosti. Skijaš iz predašnjeg primera će verovatno otežano i nepravilno obavljati potrebne radnje. Zato se obično obučava početni deo, pa, se uvodi novi element, ali *povezano* sa prethodnim, i tako redom.

Kada se radnja pravilno usvoji i fiksira, ona se može voljno izvesti i bez velikog napora, jer nastupa automatizacija aktivnosti. Kontrola nad pokretom nije više tako upadljiva. Niko ne razmišlja kako da hoda, osim ako uslovi nisu značajno izmenjeni (neravan teren, blato, led). Međutim, malo dele, koje još uči da hoda, pažljivo proračunava svaki svoj pokret.

Na pravilo postepenosti u obučavanju motornih radnji treba misliti i tokom terapije poremećaja motorike. Obučavanje hendikepirane osobe mora biti strogo individualno. Počinje se sa relativno jednostavnim vežbama, prilagođenim pacijentovim mogućnostima, a mora se voditi računa i o postepenom uvođenju novih i težih elemenata.



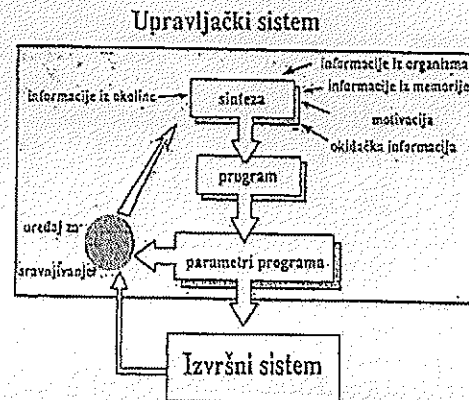
Slika 4.22. – Primer ekstrapolacije kad pas goni zeca



5. Automatizacija pokreta i kompenzacija funkcije

Najveći deo čovekovih motornih aktivnosti predstavljaju različiti motorni *uslovni refleksi*. Kada se motorne aktivnosti jednom nauče, ukoliko se duže ne primenjuju, samo se delimično zaborave. Tako osoba koja je naučila da pliva, skija, vozi bicikl, i posle niza godina neupražnjavanja ovih aktivnosti može solidno da ih obavlja, ali je sasvim druga situacija sa sviranjem klavira na primer.

Prema zakonitostima kibernetike (nauka o upravljanju) i teorije o funkcionalnim sistemima, da bi se neka motorna radnja mogla izvesti, moraju se obaviti brojne prethodne aktivnosti. U organizmu se mogu izdvojiti dve celine: jedna predstavlja upravljački deo i izdaje komande (centralni nervni sistem), a druga izvršava zadate komande (mišići i koštano-zglobni sistem). U centralnom nervnom sistemu, kao upravljačkom delu, na osnovu *sinteze* velikog broja podataka stvara se tačan program akcije za pokret ili radnju. Informacije koje se uzimaju u obzir su različiti pokazatelji *stanja u okolini* (kvalitet podloge, veličina prepreke, sigurnost doskoka, brzina vetra i dr.), kao i pokazatelji *stanja u organizmu* (zamor, slaba pripremljenost, bol u mišiću i slično). Isto tako, da bi se nešto uradilo, mora da postoji dobra *motivacija*. Naime, neka radnja treba da prouzrokuje koristan efekat za određenu osobu, zbog čega ona hoće da je obavi. Kod životinje je motiv uglavnom jednostavan, jer se u eksperimentalnim uslovima samo gladna živo-



Slika 5.1. – Šematski prikaz kontrole parametara pokreta

tinja može obučiti da dobije hranu pritiskanjem neke kombinacije poluga. Prema tome, motiv su elementarni nagoni, kao što su ishrana, odbrana organizma od bolnih stimuli (u eksperimentu je to kazna!) i slično. Kod čoveka to može biti takođe elementarna potreba, ali najčešće postoji i socijalna komponenta (želja za uspehom, san o medalji, himni, pobeđničkom postolju ili, katkad, samo mogućnost dobijanja pohvale od određene osobe). Najzad, mora postojati i tzv. *okidačka* (trigerna) *informacija*, koja pokreće ceo proces. Međutim, u brojnim situacijama teško je razlučiti koja je informacija zapravo imala okidački efekat (sl. 5.1).

Program akcije sastavljen je od zapovesti ili naredbi određenim grupama nervnih ćelija motornih jedara, kada, kako i koliko jako ili dugo stimulišati određene mišiće. Postoje tačne naredbe kada početi slanje impulsa, koliko dugo slati impulse, kada prestati, kada početi sa slanjem impulsa u antagonističke mišiće radi zaustavljanja pokreta ili otpočinjanja novog pokreta. Informacije se realizuju korak po korak, što pokazuje veliku sličnost sa izvođenjem nekog kompjuterskog programa.

Izvršni organ po dobijanju naredbe obavlja rad. Kontrakcije mišića biće precizno dozirane u odnosu na snagu, amplitudu i pravac pokreta. Međutim, i pored ovih preciznih instrukcija, neophodna je stalna kontrola svakog dela pokreta. Informacije o izvršavanju pokreta registruju se mnogim receptorima, od kojih su neki u samom mišiću a drugi pripadaju različitim mehanoreceptorima. Receptori ove vrste izveštavaju o stanju zategnutosti tetiva (Goldžijev tetivni organ), ili o stepenu pritiska na kožu pri pregibanju u zglobovima (razni kožni receptori za pritisak). Ove informacije se putem (afferentnih) nerava šalju u centralni nervni sistem gde se obrađuju. Takođe su od izuzetnog značaja i informacije koje pristižu preko čula vida.

Istovremeno sa stvaranjem programa, u centralnom nervnom sistemu se formira poseban skup ćelija u koje se šalju svi parametri programa. Ovaj deo nervnog sistema je tačno obavешten o svim *planiranim* karakteristikama datog pokreta. Ali, u taj deo centralnog nervnog sistema, osim informacija sa tetiva, kože i mišića, takođe se šalju informacije o tome kako se zaista obavlja planirani pokret. Ako se podaci programa i podaci o izvršavanju pokreta ne podudaraju i pokret ne dovede do željenog rezultata, impulsi iz ovog dela centralnog nervnog sistema će usloviti stvaranje novog plana akcije i novog korigovanog programa dejstva. Prema današnjim saznanjima, ta funkcija se obavlja u malom mozgu.

U određenim slučajevima nije moguće korigovati pokret u toku njegovog izvršavanja. To su veoma brzi pokreti, zvani još i *balistički* pokreti. U sportu su to pokreti karakteristični za određene bakačke discipline (kugla, kopljе) ili za pokrete skokova (troskok, skok udalj). Pošto se korekcija ne može izvesti za vreme obavljanja pokreta, u ovim sportovima je dopušteno nekoliko ponavljanja.

Učenje motornih navika. – Za učenje neke motorne navike važe ista pravila kao i za ostale uslovne reflekse. Da bi uslovni refleks nastao, potrebno je tzv. *potkrepljivanje*. Kod životinje, u eksperimentalnim uslovima, to je hrana, kod čoveka može biti uvid u rezultat, pohvala trenera i slično. Takođe, nadražaj treba da ima određenu *fizičku jačinu*, ali i određeni *fiziološki značaj*. Ako je životinja gladna, ona će pritisnuti odgovarajuću polugu i time dobiti hranu čak i ako je iskusila da će u istom trenutku dobiti i strujni udar po šapi. Životinja tada kao da procenjuje šta joj je značajnije – bol u šapici, ili pun stomak. U nastanku motornog-uslovnog refleksa značajni su i neki drugi činioci, kao inhibicija ili kočenje.

Svako učenje uslovnog refleksa prolazi kroz određene faze. U samom početku obučavanja uslovni refleks se ispoljava na onu draž koja je diferentna, ali i na slične ili približne draži. Tako



Grupa autora
/ 106 /

će životinja reagovati istim odgovorom ako je osvetljeni ekran ispred nje u obliku kvadrata (■), kruga (○) ili zvezde (*). Životinja očito još nije stvorila mehanizam razlikovanja pojedinih signala. Ova faza se naziva fazom *generalizacije*. Ako se tokom obučavanja koristi samo jedna od ovih figura, recimo krug, životinja će ubrzo samo na pojavu kruga odgovarati uslovnorefleksnom reakcijom, dok će druga dva oblika izazivati sve slabiji odgovor, da bi najzad došlo do potpunog gašenja reakcije. U fiziologiji, ova faza se naziva fazom *diferencijacije*, u kojoj se obavlja fino prepoznavanje draži i gase sve druge nevažne kombinacije. U ovoj fazi pri obučavanju se forsira programirani pokret.

Na kraju se u učenju motorne navike pojavljuje faza specijalizacije i automatizacija pokreta. Ovo je i poslednja faza obučavanja. Kako je motorna radnja izvedena mnogo puta a program izvođenja detaljno proveren i korigovan, radnja (pokret) obavlja se automatski. Delovi centralnog nervnog sistema sada obavljaju samo nadzor nad izvršavanjem radnje i dovode ga do savršenstva, a istovremeno se štedi i energija. Naime, stvoren je dinamički stereotip, tj. najefikasniji način obavljanja određenog pokreta. Tipičan primer dinamičkog stereotipa je gimnastička vežba u parteru. Pokreti gimnastičara strogo su automatizovani i po pravcu, i po jačini, i po vremenu, pa se tačno zna kad nastupa premet preko glave, kada salto ili u kom uglu strunjače se vežba završava. Ovakav stereotip je moguće stvoriti i u proizvodnom radu (rad na traci). Međutim, u slučaju vožnje bicikla motorika se samo delimično automatizuje – osoba ne pravi plan kako da okreće pedale ili da održava ravnotežu, ali se u pokrete moraju unositi stalne korekcije zavisno od uslova na putu.

Dobro formirani i utvrđeni dinamički stereotip fiksiran je u memoriji (upamćen) i teško se razgrađuje, dograđuje i inhibira. To ima određene prednosti ukoliko je motorna radnja pravilno naučena i ako je njen rezultat koristan za organizam. Međutim, problem nastaje ako je taj stereotip jednim delom ili potpuno pogrešno formiran – na primer, pogrešno naučena neka melodija na instrumentu. Tada se u razgrađivanje pogrešnog stereotipa mora uložiti veliki trud. Ponekad je efikasnije ne popravljati pogrešni, već stvoriti potpuno novi stereotip, ako je to moguće.

Uticaј mišićnog rada na krvotok i promene u krvi

Krvotok predstavlja zatvoreni sistem krvnih sudova sa centralnim organom – srcem, koje ima ulogu mišićne pumpe. Srce svojom kontrakcijom obezbeđuje energiju za kretanje krvi. Radni takt srca podrazumeva kontrakciju, koja se naziva sistola, i dekontrakciju, koja se naziva dijastola. Srce se u mirovanju kontrahuje frekvencijom od oko 75 – 85 u minutu. Pri tom, ono svaki put istisne oko 70 ml, tj. jednu porciju krvi. Ova vrednost naziva se *sistolni volumen*. Prema tome, srce ubaci u krvotok oko 5 litara krvi u minutu, što je vrednost *minutnog volumena*. Mera kojom se predstavlja energija koju poseduje krv naziva se *krvni pritisak*. Krvni pritisak je energija, koja se troši na davanje brzine jednoj porciji krvi i na savlađivanje otpora koji pružaju krvni sudovi. U velikim arterijama vrednost pritiska kod zdrave osobe je 120/80 mm živinog stuba ili 16/10,6 kPa (kilopaskala). Postojanje dve vrednosti objašnjava se činjenicom da se krv iz srca ubacuje u sistem povremeno, ali isušuje na periferiju stalno. U *kapilarima* pritisak znatno opada i na ulazu iznosi oko 35 mm Hg, a samo 15 – 20 mm Hg na njihovom prelazu



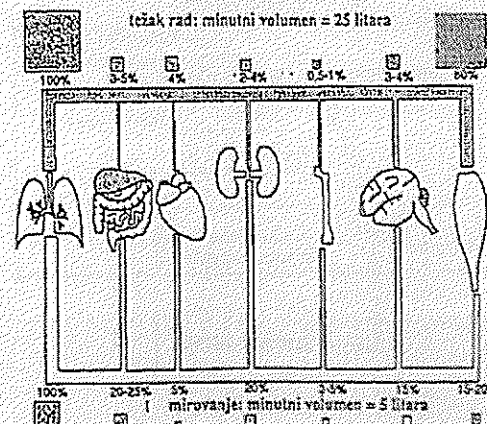
Kineziologija
/ 107 /

u venule. U venama se potencijalna energija pritiska i dalje troši, pa je u velikim župljim venama krvni pritisak oko nule ili čak ispod nule.

Krvni sudovi su arterije, kapilari i vene. Arterije imaju snažne zidove u kojima je mnogo elastičnih i glatkih mišićnih vlakana, koja su najrazvijenija u području arteriola. Svojom kontrakcijom ovi elementi sužavaju krvni sud i smanjuju protok krvi u području ispod mesta suženja. Time se ujedno i povećava otpor i troši energija pritiska. Kapilari su sudovi sa istanjenim zidovima i zato su to mesta razmene vode, soli, hranljivih materija i produkata metabolizma između krvi i tkiva koja rade. Vene su sabirni sudovi, sa zidovima tanjim nego kod arterija (i sa manje mišićnih elemenata), ali nepropustljivim za materije iz krvi. Kretanje krvi u venama prema srcu potpomažu i venski zalisci.

U organizmu ima oko 4,5–5 litara krvi, što je oko 7–8% telesne mase. Osnovna uloga krvi vezana je za njeno stalno kruženje u sistemu krvnih sudova, a značajne funkcije su: *ishrambena* (prenos O_2 i hranljivih materija), *ekskretorna* (prenos CO_2 , uree i sl.), *odbrambena* (antitela, leukociti), zatim *termoregulaciona* (prenos toplote ka koži) i prenos *hormona*. Krv je tečno tkivo i sastoji se od plazme (oko 55%) i čelijskih elemenata – eritrocita, leukocita i trombocita (zajedno oko 45%). Važno je ponoviti da krv, tačnije hemoglobin u eritrocitima, ima veliki kapacitet vezivanja kiseonika (i nešto manje CO_2). U jednom litru krvi, bilo fizički rastvoreno, bilo hemijski vezano za hemoglobin, nalazi se oko 200 ml kiseonika (20%).

Promene u mišićnom radu. – Mišićnim radom povećava se potreba za energijom onih tkiva koja su povećala svoju aktivnost. Količina krvi može se povećati izlaskom jednog dela krvi iz depoa. Međutim, pri intenzivnijem radu organizam ekonomiče postojećom količinom krvi tako što se zatvaraju pojedini krvni sudovi i isključuju iz cirkulacije čitave oblasti organizma. Dobiјeni višak krvi upućuje se u mišiće, kao i u srce i druge organe čija je funkcija neophodno podržavati (sl. 5.2).



Slika 5.2. – Šematski prikaz prokrvljenosti pojedinih organa u miru i u radu



Grupa autora

/ 108 /

Početak mišićnog rada povezan je sa snažnim dejstvom simpatikusa (što je slučaj i u stresnoj reakciji), pa se može reći da je fizička aktivnost neka vrsta fiziološkog stresa. Aktivnost simpatikusa snažno je podržana izlučivanjem hormona srži nadbubrežne žlezde (adrenalin i noradrenalin). Njihovo dejstvo na krvotok i na sastav krvi veoma je različito: u krvi povećavaju nivo slobodnih masnih kiselina i nivo glukoze, čime se obezbeđuje gorivo za rad; u krvotoku povećavaju srčanu frekvencu na 130–150/min, pa i na 180/min. Takođe, znatno raste i snaga srčane kontrakcije, a time i količina krvi koja se istiskuje. Minutni volumen raste do 20–25 litara kod obične osobe, a kod sportista i do 35 litara (7 puta).

Krvni sudovi u oblasti trbušna duplje se sužavaju i ta se oblast praktično isključuje ili prestaje znatnije da troši energiju. Slična je situacija i sa sudovima u koži. Oni se sužavaju, pa je koža bleđa. Kasnije, tokom rada, krvotok u koži može da poraste ali radi odvođenja viška toplote. Tada koža postaje crvena zbog proširenih sudova.

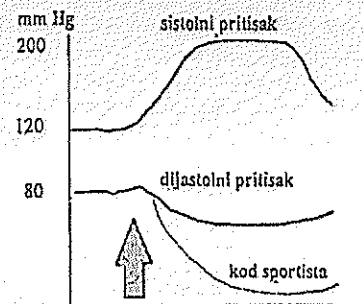
U mišićima nastaje snažna vazodilatacija – proširenje krvnih sudova. Ukupna površina za razmenu (tj. kapilarna površina) u svim mišićima povećava se na oko 300–600 m², što je 20–50 puta više u odnosu na kapilarnu površinu neaktivnih mišića. Prema tome, mišići imaju ogroman kapacitet. Nastalo proširenje je posledica dejstva lokalnih draži, pre svega međuprodukata metabolizma iz mišićnog tkiva. Najznačajniji takvi međuprodukti (ili vazodilatorne materije) su mlečna kiselina i ugljen-dioksid. Adenozin (nastao iz AMP) takođe je vrlo jak dilatator.

Usled toga se u mišiću upućuje i do 80% minutnog volumena – kod nesportista oko 20 litara a kod sportista i svih 28–30 litara. Treba napomenuti da ostali organi primaju manje krvi, ali kako je minutni volumen povećan 5–7 puta, prolaz krvi kroz njih nije bitnije smanjen.

Zbog takvih promena, usled snažnijih kontrakcija srca, menja se i sistolni krvni pritisak (sl. 5.3), dok dijastolni ili ostaje isti ili opada zbog periferne vazodilatacije. Opadanje može biti veoma izraženo. Bilo kakav porast dijastolnog pritiska iznad vrednosti od 95 mm Hg može da znači patološku hipertenzivnu reakciju i kod takvih osoba treba pokazati maksimalnu opreznost i, eventualno, prekinuti opterećivanje.

U krvi se tokom rada postepeno smanjuje količina energetskih materija a povećava količina razgradnih produkata, pre svega organskih kiselina, mlečne i pirogvođane. U krvi postoje sistemi za odbranu konstantne vrednosti kiselosti (pH u miru iznosi 7,36–7,40), a to su puferi plazme i hemoglobin. Ipak, u nekim slučajevima težeg rada može nastati acidoza. Najveću količinu stvorene mlečne kiseline srčani mišić eliminiše iz krvotoka i „pojede“ svojim posebnim enzimskim sistemima, a jedan deo ove kiseline odlazi u jetru i služi za ponovnu sintezu glukoze i glikogena.

Oksigenacija krvi je tokom rada veoma dobra i ne opada ni u najtežim radovima, osim u slučajevima zadržke disanja – kao pri ronjenju. Da bi količina kiseonika ostala stalna uz povećanu potrošnju, potrebno je da se znatno ubrza i krvotok i disanje. Povećanom aktivnošću, kardiovaskularni sistem i krv uspevaju da obezbeđe porast potrošnje kiseonika tokom mišićnog rada. Tada deo prirode i



Slika 5.3. – Promena krvnog pritiska u radu. Srećica (↑) predstavlja start opterećenja



Kineziologija

/ 109 /

posebni receptori u krvnim sudovima, koji signaliziraju postojanje i najmanjih promena u količini kiseonika. Ugljen-dioksid u krvi takođe nije povećan pri radu. Male promene u koncentraciji ugljen-dioksida trenutno deluju na centar za disanje u produženoj moždini i povećavaju njegovu aktivnost.

Potrošnja kiseonika kod odrasle osobe u mirovanju je oko 250–280 ml u minutu. Pri mišićnom radu potrošnja kiseonika se povećava i kod nesportista dostiže vrednosti 3–3,5 litara u minutu, ili oko 45–48 ml po kilogramu telesne mase za minut. Žene pokazuju nešto niže vrednosti maksimalne potrošnje kiseonika.

Sportisti imaju veće vrednosti, ali samo oni koji se bave sportovima koji razvijaju aerobno obezbeđenje energije za svoju aktivnost. Tako kod skijaša u nordijskim disciplinama (skijaško trčanje na 10, 20 i više kilometara) vrednosti maksimuma kiseonične potrošnje iznose i preko 5–5,5 litara u minutu ili 75–80 ml po kilogramu mase tela. Kod takvih sportista nastaje tzv. sportsko srce, koje karakteriše zadebljan zid leve komore (radna hipertrofija), ali i nešto proširene srčane šupljine (dilatacija). Prema tome, izlaganje srca stalnim izuzetno velikim naporima može izazvati ovakve kompenzatorne promene.

Mišićni rad i disanje

Disanje je složena funkcija i može se podeliti na spoljašnje ili plućno i unutrašnje ili ćelijsko disanje. Plućno disanje odnosi se na transport gasova putem krvi, dok ćelijsko disanje predstavlja skup biohemijskih enzimskih reakcija u mitohondrijama (ćelijskim organelama), u kojima se kiseonik aktivira i priprema za spajanje sa organskim materijama.

Uloga pluća je da se preko njih obezbedi pravilna razmena gasova između vazduha u alveolama i krvi. Vazduh dospeva u pluća preko disajnih puteva u kojima se ne vrši razmena gasova. Disajni putevi imaju zapreminu od oko 140 ml, a uloga im je prečišćavanje i zagrevanje vazduha i zasićivanje vodenom parom. Tako disajni putevi imaju ulogu erkondična u čovečjem organizmu. Vazduh u grudni koš ulazi pasivno zbog njegovog širenja koje pluća pasivno prate. Grudni koš se širi usled kontrakcije spoljašnjih međurebarnih mišića, kao i usled spuštanja dijafragme. Isto tako, pri izdisaju, kada se smanjuje prečnik grudnog koša, smanjuje se i zapremina pluća. U njima se pojavljuje porast pritiska iznad vrednosti atmosferskog pritiska i višak vazduha se izdiše.

Razmena gasova u plućima se vrši u alveolama i alveolarnim kanalićima. Debljina membrane respiratornog epitela je između 1 i 3 μm. Membranu čine ćelije alveola (pneumociti), bazalna membrana i ćelije endotela krvnih kapilara. Respiratorna membrana, pošto je tanka, omogućuje brz prelaz i kiseonika i ugljen-dioksida. Ukupna površina respiratorne membrane pluća čoveka je oko 70–90 m², što takođe pokazuje njene izvanredno velike mogućnosti i osposobljenost za razmenu gasova.

U mirovanju odrasla osoba diše frekvencom od oko 14–16 puta u minutu; pri tom svaki put udahne i izdahne oko 500 ml vazduha. Ova količina gasa naziva se *respiratorni volumen*. Prema tome, disajni minutni volumen (respiratorni volumen × frekvencija) u mirovanju iznosi oko 7–8 litara. Od te količine na razmenu u alveole odlazi oko 5 000–5 700 ml, dok ostali deo samo ventilira disajne puteve. Pri mišićnom radu može se povećati i frekvencija i dubina disanja. Povećanjem frekvencije ta količina vazduha je izgubljena za razmenu, pošto se disajni putevi samo više puta ventiliraju. Pri radu, frekvencija disanja obično raste do 20–22 u minutu, a pri težim naprezanjima i preko 30 u minutu.



Grupa autora

11101

U nekim sportskim aktivnostima frekvencija disanja poklapa se sa frekvencijom sportskih pokreta ili nekim njihovim količnikom. Tako se pri veslanju udahne i izdahne za svaki zaveslaj, pri plivanju (kraul) udiše se na svakih 2-4 zamaha rukom. Slično je i u biciklizmu i nekim drugim sportovima sa cikličnim pokretima. Dubina disanja takođe se povećava i teoretski se može povećati sve do vrednosti *vitalnog kapaciteta* osobe. Na primer, ako je vitalni kapacitet neke osobe 4 litra, u u radu diše frekvencijom od 20/min, minutni volumen disanja porađaće na 80 litara.

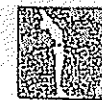
U plućima kiseonik prelazi u krv usled razlike u pritiscima i fizički se rastvara u plazmi. Količina rastvorenog kiseonika je oko 3 ml na 1 l plazme i nedovoljna je za zadovoljenje potreba organizma, koji prosečno troši oko 250 ml/min kiseonika. Kiseonik se transportuje posebnim sistemom transporta – labilnim vezivanjem za krvne pigmente. Krvni pigment čoveka je *hemoglobin*. Ova složena belančevina ima sposobnost da veže 1,32-1,33 ml kiseonika za 1 svoj gram. Vezivanje kiseonika za hemoglobin direktno zavisi od napona (parcijalnog pritiska) fizički rastvorenog kiseonika. U crvotocima zdrave osobe ima 12-13,5 (žene), odnosno 13-16 grama hemoglobina na 100 ml krvi (muškarci), tj. oko 120-160 ml/litar, što odgovara sposobnosti krvi da veže kiseonik (*kiseonički kapacitet krvi*) od 17,2-20 ml/100 ml krvi ili približno 200 ml na litar. To je dovoljno da se odgovori i potrebama u mirovanju a i povećanim zahtevima za kiseonikom pri radu.

Primeri radi, ako je minutni volumen srca u miru 5 litara, iz svakog litra krvi u ikivu se oslobodi samo 50 ml kiseonika, što je dovoljno da pokrije potrebe tkiva. U radu, minutni volumen srca povećava se na 25 litara i pod uslovom da se u tkivo otpušta ista količina kiseonika organizam može dobiti i 250 ml kiseonika. Jedna od funkcija visinskih priprema (boravak i treniranje na planinama iznad 3 000-3 500 m) jeste upravo povećanje broja crvotocila, a time i hemoglobina i sposobnosti transporta kiseonika. Međutim, efekat porasta broja crvotocila je prolazan i traje nekoliko nedelja, a zatim se vrednosti vraćaju na normalu.

Druge važna funkcija pluća je oslobađanje organizma od ugljen-dioksida nastalog pri sagorevanju organskih materija. Ugljen-dioksid se u krvi prenosi na više načina. On može biti fizički rastvoren (u obliku bikarbonata i slobodne ugljene kiseline), ili vezan za belančevine (kao karbaminio-jedinjenja). U organizmu se u mirovanju stvori oko 200-250 ml ugljen-dioksida, koji sa vodom stvara ugljenu kiselinu. Time se menja pH vrednost krvi ka acidozi i narušava homeostaza (stalnost unutrašnje sredine). Ugljen-dioksid je direktni nadražilac disajnog centra smeštenog u produženoj moždini, odakle impulsi odlaze u disajne mišiće i izazivaju promenu disanja. Prema tome, svako povećanje koncentracije CO₂ izazvaće trenutni porast respiracija, čime se organizam brzo oslobađa povećanih kiselih ekvivalenata, a pluća se, uz bubrege, svrstavaju u organe sa puferskim delovanjem. Dakle, pri mišićnom radu sastav krvi se ne menja u pogledu koncentracije kiseonika i ugljen-dioksida, što se postiže velikim ubrzanjem disajne funkcije i krvotoka.

Mišićni rad i varenje

Pribor za varenje je prijemni pribor, koji obezbeđuje energiju potrebnu za sve aktivnosti organizma, a takođe i gradivne materije, koje služe za obnavljanje postojećih struktura. Prema tome, organizam je delom produkt onoga što je pojeo. Uz činjenicu da je hrana osnov za dobijanje energije, adekvatna ishrana poboljšava radnu sposobnost. Postoje podaci da su i atletičari stare Grčke pred takmičenje menjali režim ishrane i uzimali više mesa. Hranljive materije se u priboru za varenje transformišu najpre fizički (žvakanje, motorika želuca, creva), a potom i hemijski, pod dejstvom enzima digestivnih sokova. Ovi enzimi uz utrošak vode (tj. hidrolitičkim



Kineziologija

11111

putem) razlažu složene organske materije na njihove gradivne elemente, koji se mogu resorbovati u krv ili u limfu. Tako se *belančevine* razlažu do aminokiselina, *masti* na alkohol, glicerol i masne kiseline, a *složeni šećeri* (polisaharidi) na monosaharide.

Resorpcija je veoma složen proces. Pojedine materije se resorbuju pasivno, fizičkim procesima difuzije, a ponekad putem osmoze. Pasivan prelaz zavisi od razlike u koncentracijama materije u lumen creva i u ćelijama sluzokože i nije velikog kapaciteta. Difuziju koriste i masne kiseline. Za neke organske materije u organizmu razvijen je aktivni transport i one se mogu transportovati i sa mesta niže koncentracije ka mestu više koncentracije. Naravno, ovakav transport „uzbrdo“ ima i svoju energetska cenu. Aktivni transport je utvrđen za glukozu i za amino-kiseline, dok monosaharid fruktoza ili voćni šećer ima poseban oblik brze difuzije (tzv. olakšana difuzija).

Mišićni rad i proces varenja su konkurentni i međusobno se isključuju. Kako je mišićni rad glavni pourošać energije u organizmu, pribor za varenje može se pojaviti i kao ograničavajući faktor u radu. Izračunati su maksimumi energetske potrošnje odrasle osobe za različite vremenske periode. S druge strane, tokom mišićnog rada krvotok se usmerava u aktivna tkiva, što nepovoljno utiče na rad organa za varenje. Međutim, tokom varenja hrane veliki deo krvi stije se u trbušnu duplju, pa je snabdevanje drugih organa smanjeno. I mozak dobija manje krvi u tom periodu, što izaziva dremljivost i pospanost. Sposobnost za rad je bitno umanjena. Sani organi za varenje za svoj rad zahtevaju određenu količinu energije, koja zavisi od vrste hranljivih materija. Obično se meri porast ukupnog metabolizma pri varenju pojedinih materija, što se naziva *specifično dinamsko dejstvo hrane*. Pri varenju ugljenih hidrata porast je 4-5%, za masti je oko 7%, a za varenje materija belančevinskog porekla, posebno životinjskih belančevina, porast metabolizma je čak 25-30%!

Za održavanje sopstvenih struktura organizam mora dnevno da unosi oko 1 gram belančevina na 1 kg telesne mase, što prosečno iznosi oko 70 g belančevina. Proteini su uglavnom gradivne materije, ali i oni sagorevaju u organizmu i pri tom oslobađaju oko 4,1 kcal (17,18 kJ) po gramu. Ugljeni hidrati i masti su pre svega energetske materije – gorivo organizma. Pri potpunom sagorevanju 1 g šećera oslobađa 4,1 kcal (17,18 kJ), dok 1 g masti oslobađa celih 9,3 kcal (39 kJ). U organizmu postoje značajne rezerve masti i relativno male rezerve šećera u obliku glikogena jetre i mišića. U mirovanju i pri radu manjeg intenziteta mišići svoju potrebu za energijom zadovoljavaju u velikom postotku sagorevajući masne kiseline. Ovo je zapaženo i kod ptica – selica i nekih riba koje migriraju, kao što su jegulja ili losos.

Odrasla osoba troši oko 1 400-1 450 kcal (5 850-6 080 kJ) za *bazalni metabolizam*. Sva ostala potrošnja označava se kao „motorne kalorije“, iako se deo energije troši na termoregulaciju, lučenje žlezda i drugo. Ukupna dnevna potrošnja osoba koje radni dan provode uglavnom sedeci iznosi 2 200-2 600 kcal, manuelnih radnika u nemehanizovanoj proizvodnji 2 500-3 400 kcal, a veoma teški rad iziskuje 3 200-4 000 kcal. Najveći su zahtevi kod kosaca 5 000-6 000 kcal dnevno. Pošto se dnevni unos belančevina ograničava na 70-100 g (300-400 kcal), ostatak potreba mora se pokriti unosom šećera i masti. Ovaj unos je varijabilan i zavisi od navika u ishrani. Obično se preporučuje 300-500 g ugljenih hidrata i 50-150 g masti.



Grupa autora

/ 112 /

Izbacivanje štetnih produkata i uloga bubrega u radu

Pribor za ekskreciju takođe menja svoj rad u toku mišićnih aktivnosti. Pri svakom težem radu u krvi se pojavljuju brojni međuprodukti metabolizma, koji su uglavnom kisele materije. Isparljive materije eliminišu se putem pluća, rastvorljive i neisparljive materije preko bubrega, a voda, neke soli i manje količine urea preko znojnih žlezda. Zato se bubrezi javljaju kao važan organ u očuvanju homeostaze, tj. stalnosti unutrašnje sredine organizma. Oni stvaraju mokraću putem tri različita procesa: *glomerularnom filtracijom, tubularnom reapsorpcijom i sekrecijom u tubulima.*

Kroz glomerul prolazi velika količina krvi – za oba bubrega u mirovanju je to oko 20% od minutnog volumena srca. Od oko 1 000–1 200 ml u minutu oko 650 ml je plazma. Svakog minuta profiltrira se oko 125 ml primarne mokraće ili oko 160–180 litara dnevno. Iz plazme se filtriraju voda i elektroliti, glukoza, urea, aminokiseline, ali ne i belančevine. Ovako veliku filtraciju omogućuje velika vrednost krvnog pritiska, a time i filtracionog pritiska.

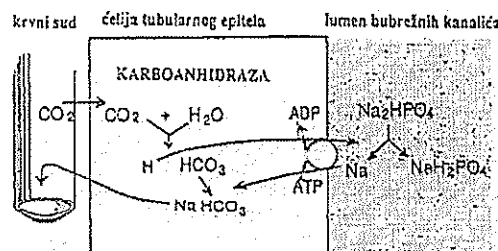
Oko 98–99% isfiltrirane tečnosti ponovo se resorbuje, a samo 1–1,5% predstavlja završnu mokraću (dnevno oko 1 200–2 000 ml). U tubulima nefrona postoje i mehanizmi aktivne sekrecije jona kalijuma i vodonika. Sekrecija vodonika je proces koji se energetski plaća, ali koji je od posebne važnosti za organizam. Na taj način bubrezi učestvuju u regulisanju acido-bazne ravnoteže organizma i očuvanju pH vrednosti krvi. Pri povećanju kiselosti krvi, koja je čest pratilac mišićne aktivnosti, puferi u krvnoj plazmi se odupiru. Kada se njihov kapacitet iscrpi, nastaje izrazita acidoza i pH krvi se menja ka kiselom području ($\text{pH} > 7,36$).

U očuvanju acido-bazne ravnoteže značajnu ulogu imaju pluća, preko kojih se ubrzanim disanjem izbacuje višak novostvorenog ugljen-dioksida, tj. ugljene kiseline. Uticaj pluća na acido-baznu ravnotežu je veoma brz, pošto disajni centar trenutno menja aktivnost pri porastu koncentracije CO_2 . Bubrezi rade znatno sporije, te je za njihovo dejstvo potrebno više sati, pa i dan-dva.

Na prvi pogled, reklo bi se da mu je efikasnost loša. Međutim, prilikom aktivne sekrecije H^+ jona u tubulu, on se razmenjuje za jon Na , koji se tako iz mokraće vraća u ćeliju. Ovaj jon se zatim spoja za bikarbonatnim i upotrebljava za regeneraciju bikarbonatnog pufera krvi (sl. 5.4).

Tokom težeg mišićnog rada protok krvi kroz bubrege se smanjuje. Posebno se to dešava kod dužeg i težeg rada (trka u maratonu). Ako su i uslovi spoljne temperature nepovoljni (ako se trči u uslovima visoke temperature vazduha), tada može nastati smržnjeno stvaranje mokraće, pa i potpuni prestanak rada bubrega – *anurija*. Ovakvo stanje može potrajati i određeno vreme posle obavljenog rada.

Slika 5.4. – Sekrecija vodonika i regenerisanje pufera plazme povratkom bikarbonata



6. Metode merenja normalne funkcije aparata za kretanje

Antropometrija

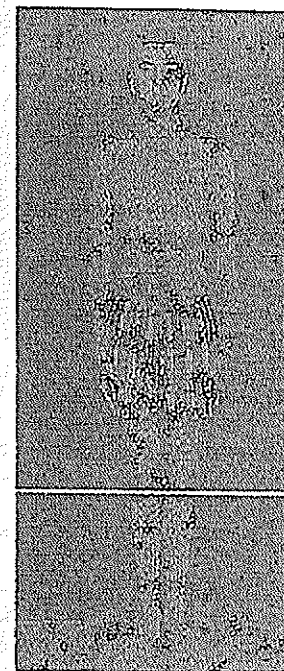
Antropometrija je jedna od osnovnih metoda antropologije. Ona omogućava objektivno ispitivanje bioloških osobina čoveka i njihove promenljivosti. Antropometrija opisuje merne tačke, merne tehnike, objašnjava tehničke postupke pri merenju i rezultate merenja.

Pre svakog antropometrijskog merenja mora se najpre tačno odrediti položaj antropometrijskih tačaka na telu čoveka. Sve antropometrijske tačke, bez obzira na kojem se delu tela nalaze, dele se na fiksne (stalne) i virtualne (promenljive).

Fiksne antropometrijske tačke lokalizovane su uvek na istom delu tela i njihov položaj odgovara uvek istim anatomskim strukturama. Ove tačke se lako uočavaju i utvrđuju. Nalaze se iznad ili u neposrednoj blizini nekog pristupačnog dela skeleta koji se može napipati ili, pak, u blizini jasno uočljivih morfoloških detalja.

Virtualne antropometrijske tačke ne mogu se uvek tačno odrediti. One imaju promenljiv položaj, koji zavisi od položaja tela, pa i od ravni u kojoj se ispitanik nalazi prilikom merenja. Zato ispitivač mora biti dobro uvežban za određivanje ovih tačaka.

Kod određivanja položaja antropometrijskih tačaka mora se voditi računa i o individualnoj varijabilnosti, tj. promenljivosti oblika tačaka. Na primer, ako antropometrijskoj tački na koži odgovara koštani nastavak koji je izrazito zaobljen a njegov položaj se ne može lokalizovati na odgovarajućem mestu kod ispitanice osobe, tada treba naći najbližu čvrstu podlogu ili koštani nastavak i uzeti približno sredinu njihovog rastojanja kao mesto položaja antropometrijske tačke. Pre merenja treba pipanjem (palpacijom) odrediti položaj antropometrijskih tačaka i označiti ih dermografskom olovkom.

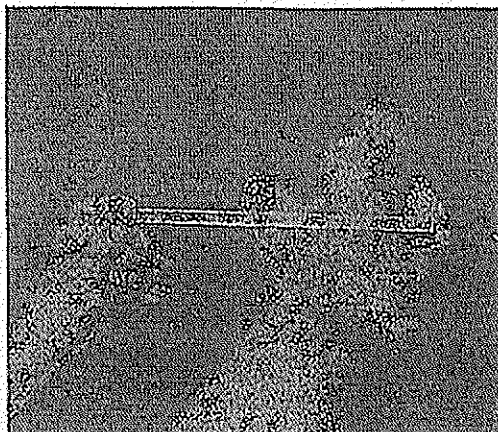


Slika 6.1. – Standardni položaj



Grupa autora
11141

Slika 6.2. – Frankfurtska ravan



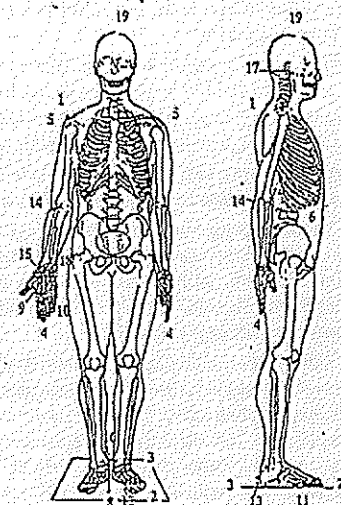
Položaj antropometrijskih tačaka utvrđuje se u tzv. standardnom položaju tela (sl. 6.1), koji odgovara običnom uspravnom položaju, izuzev kod novorođenčadi i male dece. Pod standardnim položajem tela podrazumeva se potpuno uspravan stav sa rukama opruženim niz telo i sastavljenim nogama; stopala su sastavljenih peta, a prsti divergiraju pod uglom od 60 stepeni, dok se glava nalazi u tzv. frankfurtskoj ravni.

Položaj glave u frankfurtskoj ravni podrazumeva da je linija koja spaja najvišu tačku gornje ivice spoljašnjeg ušnog otvora (tj. *tragus helix* uha) sa najnižom tačkom donje ivice očne duplje (orbite) paralelna sa podlogom (sl. 6.2).

Posle postavljanja ispitanika u standardni položaj određuju se i obeležavaju antropometrijske tačke (sl. 6.3).

1. Akromion (*acromion*) je tačka smeštena na najlateralnijem i najvišem delu bočne ivice natplećka lopatice, tj. akromiona.

2. Akropodion (*acropodion*) je najudaljenija tačka stopala. Nalazi se ili na prvom ili na drugom nožnom prstu, zavisno od nji-



Slika 6.3. – Antropometrijske tačke: 1 – akromion, 2 – akropodion, 3 – bazis, 4 – daktilion, 5 – deltoide, 6 – hipohondriakale, 7 – lumbale, 8 – maleolare, 9 – metakarpale radiale, 10 – metakarpale ulnare, 11 – metatarzale fibulare, 12 – metatarzale tibijale, 13 – pterion, 14 – radiale, 15 – stilion, 16 – tibijale, 17 – tragion, 18 – trohanterion, 19 – verteks



Kineziologija
11151

hove dužine. Prilikom određivanja položaja ove tačke stopalo mora ležati na vodoravnoj postavljenoj podlozi.

3. Bazis (*basis*) nije antropometrijska tačka nego ravan na kojoj se nalazi ispitanik prilikom merenja. Od nje, kao osnovne ravni, meri se udaljenost pojedinih antropometrijskih tačaka, kao što su visina tela, sedišta visina, dužina donjeg ekstremiteta i sl.

4. Daktilion (*dactylion*) je najudaljenija tačka gornjeg ekstremiteta. Nalazi se na vrhu trećeg prsta. Prilikom merenja ekstremiteta korišćenjem ove tačke, ruka je ispružena i priljubljena uz telo.

5. Deltoide je tačka na najistaknutijem delu kože koja pokriva delasti mišić (*m. deltoideus*). Udaljenost između ove tačke deltoide izražava najveću širinu tela u visini ramenog pojasa.

6. Hipohondriakale (*hypochondriacale*) je tačka koja odgovara najnižem delu donje ivice rebrarnog luka. Njena visina u odnosu na bazis zavisi od položaja grudnog koša.

7. Lumbale je tačka koja odgovara vrhu tmastog nastavka (*processus spinosus*) petog lumbalnog pršljena. Ona se nalazi na srednjoj liniji leđne strane trupa.

8. Maleolare (*malleolare*) je tačka koja se nalazi na donjem rubu unutrašnjeg masivnog gležnja golenjače (*malleolus medialis*).

9. Metakarpale radiale (*metacarpale radiale*) jeste tačka koja odgovara glavici, tj. donjem okrajku druge metakarpalne kosti. Pri označavanju mesta ove antropometrijske tačke dlan je ispružen napred a palac okrenut spolja; dakle, ruka je u položaju supinacije.

10. Metakarpale ulnare (*metacarpale ulnare*) jeste tačka smeštena unutra, ularno od glavice pete metakarpalne kosti. Njen položaj se određuje kada je šaka u položaju supinacije.

11. Metatarzale fibulare (*metatarsale fibulare*) jeste tačka smeštena sa spoljne strane glavice pete metatarzalne kosti stopala ispruženog na vodoravnoj podlozi.

12. Metatarzale tibijale (*metatarsale tibiale*) jeste tačka koja se nalazi sa unutrašnje strane glavice prve metatarzalne kosti stopala ispruženog na vodoravnoj podlozi.

13. Pterion je najizbočenija tačka zadnje strane stopala ispruženog na vodoravnoj podlozi.

14. Radiale je tačka koja odgovara glavici žbice (*caput radii*).

15. Stilion (*stylium*) je najudaljenija tačka vrha stiloidnog nastavka žbice (*processus styloideus radii*).

16. Tibijale je najistaknutija tačka ivice unutrašnjeg kondila golenjače (*condylus medialis*).

17. Tragion je tačka koja odgovara gornjem delu tragusu i koristi se prilikom određivanja položaja frankfurtske ravni.

18. Trohanterion (*trochanterion*) je tačka smeštena na bočnoj strani natkolennice. Nalazi se na mestu projekcije velike kvrge (*trochanter major*) bedrene kosti (*femur*).

19. Verteks (*vertex*) je najviša tačka krova lobanje.

VISINA TELA

Visina tela predstavlja rastojanje od bazisa do verteksa i najvažnija je antropometrijska osobina jer govori o rastu, razvoju i zdravstvenom stanju organizma. Ona se nalazi u korelaciji



Grupa autora

11161

sa većinom antropometrijskih osobina. U fizičkoj kulturi, njeno merenje određuje i uslovljava vrstu vežbanja i fizičkih aktivnosti, odnosno tipove pokreta. Visina tela meri se samo u jutarnjim časovima, zato što je to prava vrednost; tokom dana dolazi do njenog smanjenja usled spljoštavanja međupršljen-ske hrskavice. Merenje visine tela izvodi se antropometrom po Martinu, čija je preciznost merenja velika, sa odstupanjem od $\pm 0,1$ cm (sl. 6.4).

Osoba koja se meri postavi se u „standardni položaj“ bez obuće, u opremi za vežbanje ili u donjem vešu. Ispitivač stoji iza leđa ili sa desne strane ispitanika. Antropometar drži desnom rukom, s leđa, u mediosagitalnoj ravni ispitanika. Horizontalni klizač se spušta do najvišeg dela glave. Na vertikalnom delu antropometra, gde se zaustavi horizontalni klizač, očitava se visina tela.

TEŽINA TELA

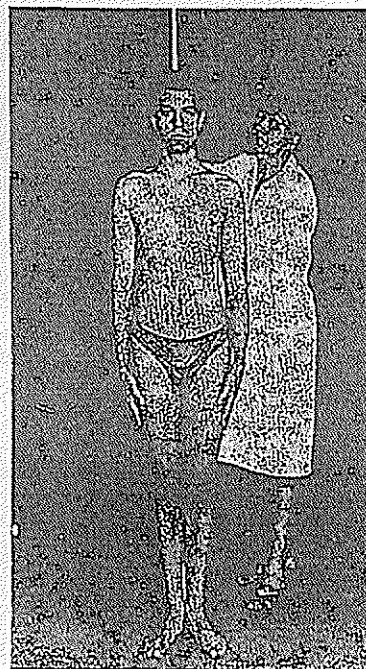
Težina tela je takođe jedan od pokazatelja zdravstvenog stanja organizma i povezanosti između njegovih morfoloških i fizioloških osobina.

Merenje se obavlja ujutro, pre doručka da bi se dobio pravi uvid u telesnu težinu.

Meri se vagom čija je preciznost $\pm 0,5$ kg. Osoba se meri u tzv. standardnom položaju, bez obuće i suvišne odeće. Pre svakog merenja proveriti se da li je vaga u ravnoteži, zatim ispitanik staje na sredinu vage i mirno stoji dok ispitivač ne pročita telesnu masu.

TELESNI OBIMI

Telesni obimi su pokazatelji fizičkog razvoja, mišićne mase i funkcionalnog stanja organizma. Merenjem obima lokomotornog aparata uklanjaju se subjektivni faktori procenjivanja. Tačnim merenjem i izražavanjem mernim jedinicama utvrđuje se postojeće stanje. Meri se centimetarskom pantljkicom na tačno određenim mestima. Prilikom merenja obima treba paziti da pantljika kojom se meri priteže uz kožu celog obima merene površine, ali da pri tome ne dode do njenog stezanja i ulegnuća kože. Za kineziologiju su najvažniji obimi ekstremiteta, tj. segmenata, i obim grudnog koša.



Slika 6.4. – Merenje visine tela antropometrom po Martinu



Kineziologija

11171

Obim grudnog koša. – Obim grudnog koša meri se na ispitaniku koji stoji uspravno. Centimetarska pantljika je postavljena u horizontalnoj ravni koja prolazi između 3. i 4. rebra, tj. trećeg međurebrnog prostora.

Obim segmenata. – Merenje obima ekstremiteta uvek se vrši na ekstremitetima u opuštenom položaju, sa olabavljenim mišićima. Uvek se mere oba ekstremiteta pod istim uslovima i u simetričnom položaju, obično u nivou najveće mišićne mase segmenta merenog ekstremiteta.

DUŽINA TELESNIH SEGMENTATA

Merenje dužine telesnih segmenata u antropometriji podrazumeva pojedinačno određivanje njihove dužine; to su parcijalne mere jedne celine. Njihove vrednosti koriste se radi objektivne procene fizičkog stanja celog organizma ili jednog organa. Merenje dužine ekstremiteta je memi postupak i u kineziologiji. Dužina telesnih segmenata može biti važan podatak nakon povrede ekstremiteta, a posebno sa dislokacijom, kod poremećaja rasta, posle amputacije i u svim slučajevima gde skraćivanje ekstremiteta uzrokuje smelne kretanja.

Merenje dužine obavlja se uglavnom na ekstremitetima, i to najčešće na donjim, jer razlika u njihovoj dužini dovodi do funkcionalnih i estetskih poremećaja.

ANTROPOMETRIJSKI INDEKSI

Antropometrijski indeksi su vrednosti koje se dobijaju računskim putem, a služe za upoređivanje apsolutnih veličina dobijenih merenjem dve ili više antropometrijskih osobina. Oni predstavljaju relativne veličine i izražavaju se u procentima.

Postoji dva tipa antropometrijskih indeksa, koji se međusobno razlikuju u načinu izračunavanja.

Prvi tip indeksa izračunava se poređenjem istih tipova osobina, tj. osobina koje se mere istim instrumentom i izražavaju istim mernim jedinicama; na primer, dve dužine telesnih segmenata, dva obima, dve širinske mere itd.

Drugi tip indeksa izračunava se upoređivanjem različitih tipova morfoloških osobina, tj. osobina koje se izražavaju različitim mernim jedinicama; na primer, izračunavanje odnosa težine (kg) i visine (cm), odnosa vitalnog kapaciteta (ml), telesne težine (kg) i visine tela (cm) i sl.

Prvi tip indeksa daje procentualni odnos jedne vrednosti ili osobine u odnosu na drugu; drugi tip indeksa omogućava zajedničko proučavanje morfoloških karakteristika i fizioloških funkcija i njihovu međusobnu interakciju, što između ostalog omogućava procenu fizičke sposobnosti organizma i sl.

Indeksi koji pokazuju procentualni odnos dve veličine, tj. indeksi prvog tipa su:

$$\text{indeks donjih ekstremiteta} = \frac{\text{dužina noge (cm)} \times 100}{\text{visina tela (cm)}}$$



Grupa autora
/ 118 /

$$\text{indeks biste} = \frac{\text{sedišna visina (cm)} \times 100}{\text{visina tela (cm)}}$$

$$\text{indeks mišićne mase nadlaktice} = \frac{\text{obim kontrahovane nadlaktice (cm)} \times 100}{\text{obim opuštena nadlaktice (cm)}}$$

$$\text{indeks punoće tela (Rohrerov indeks)} = \frac{\text{težina tela (gr)} \times 100}{\text{visina tela (cm)}}$$

Indeksi procene fizičke sposobnosti organizma su:

a)
$$\frac{\text{težina (kg)} \times \text{obim grudi (cm)}}{\text{obim trbuha (cm)}}$$

b)
$$\frac{\text{vitalni kapacitet pluća (ml)} \times \text{telesna težina (kg)}}{\text{visina tela (cm)}}$$

MERENJE OBIMA POKRETA

Svaki zglob ima svoje funkcionalne mogućnosti kretanja, koje uslovljavaju amplitudu ili obim pokreta određenog dela tela. Obim pokreta zgloba je određen i zavisi od njegovih anatomskih i biomehaničkih karakteristika. Kada se govori o obimu pokreta u zglobu, to se obično odnosi na njegovu prosečnu pokretljivost, koja je uslovljena:

– *oblikom zglobnih površina*; kod izmenjenih uslova izvođenja pokreta javljaju se i promene u njihovom obliku;

– *elastičnošću mekih elemenata zgloba* (zglobna čahura, zglobne veze); ako se u zglobu aktivno ili pasivno izvode pokreti većih amplituda, meki elementi zgloba se postepeno adaptiraju novoj situaciji. Naime, zglobne čahure, kao i zglobne veze, mogu da se istegnu, olabave i tako omoguću veću pokretljivost zgloba (kao što je slučaj kod gimnastičara, balerina, akrobata);

– *mišićnim masama dva segmenta*, koje dolaze u međusobni dodir pri izvođenju pokreta u zglobu. Pored zglobnih površina, pokret u zglobu je određen i okolnim mišićima koji rukovode njime, po čemu se zglobovi i razlikuju od zglobova mašina, jer je pokret kod živih bića potpuno određen oblikom zglobnih površina;

– *potkožnim masnim tkivom*, koje se nalazi u neposrednoj blizini zgloba, čiji je uticaj sličan uticaju mišićne mase;

– *konstitucijom*, koja uslovljava individualne razlike u obimu pokretljivosti zglobova;

– *životnom dobi*, jer se sa starenjem obim pokreta u zglobovima postepeno ograničava i zato su pokreti kod starijih osoba manje amplitudne nego u mladosti.



Kineziologija
/ 119 /

Početnim položajem smatra se uspravni stav tela sa opruženim i uz telo priljubljenim rukama, dlanovima okrenutim napred, opruženim nogama i stopalima postavljenim tako da su im pete sastavljene, a prsti razdvojeni pod uglom od 60 stepeni. a u odnosu na polkolenice pod uglom od 90 stepeni. Ovaj položaj opisuje se pod različitim nazivima: kao standardni ili orijentacioni položaj tela, normalan uspravni ili opušten uspravni stav. To je položaj u kome uzdužne osovine najvećeg broja dugih kostiju padaju upravo na ravan Zemljine površine i položaj koštanih poluga tela u ovom stavu obeležava se sa nula (0).

Položaj za merenje može biti: početni u *stojećem* ili *sedećem stavu*, ili pak u *ležećem položaju* – na leđima, na trbuhu ili bočno, sa olabavljenim mišićima.

Položaj ispitanika zavisi od vrste pokreta koji se meri. Međutim, merenje treba sprovoditi redosledom koji zahteva što manje promene položaja ispitanika, vodeći pri tom računa da izabrani položaj bude udoban. Ležeći leđni položaj je najstabilniji i najmanje zamara i treba ga primenjivati uvek kada je to moguće.

Metode merenja sprovode se uz poznavanje funkcije zglobova i njegovih mogućnosti u definisanim telesnim ravnama.

Merenje obima pokreta može biti *subjektivno* i *objektivno*.

Subjektivno merenje ili procena „golim okom“ je nesigurno i koristi se u cilju grube orijentacije.

Objektivno merenje se obavlja mernim instrumentima, čime se otklanjaju subjektivni faktori procenijavanja.

VRSTE MERNIH INSTRUMENATA

Obim pokreta u zglobovima utvrđuje se merenjem uglomerom i trakom platnenog metra, izv. centimetarskom pantljkikom (mekani krojački metar). Postoje različiti oblici uglomera ili goniometara (sl. 6.5). To su instrumenti specijalno napravljeni za te svrhe, koji mogu da mere uglove do 360 stepeni. Od središta uglomera polaze dva kraka; jedan je nepokretan (fiksiran) u odnosu na krug, a drugi je pokretan (slobodan). Opisani instrumenti pripada tzv. *klasičnim uglomerima* (sl. 6.6).

Gravitacioni uglomer zasniiva se na zakonu gravitacije, tj. na zakonitosti da na svaku materijalnu težku nekog tela deluje sila Zemljine težbe ili sila gravitacije. Otuda se kazaljka, koja se lako kreće oko osovine ako se opteretiti tegom, usled delovanja sile Zemljine težbe nalazi uvek u stabilnoj ravnoteži (sl. 6.7). Ako se nekom silom kazaljka izvede iz ravnotežnog položaja, ona se po prestanku delovanja te sile ponovo vraća u svoj prvobitni položaj. Primeno na ovaj uglomer, vidi se da se pokretanjem koštane poluge pomera samo kućište uglomera, dok kazaljka uvek zadržava isti pravac, tj. pravac delovanja sile Zemljine težbe.

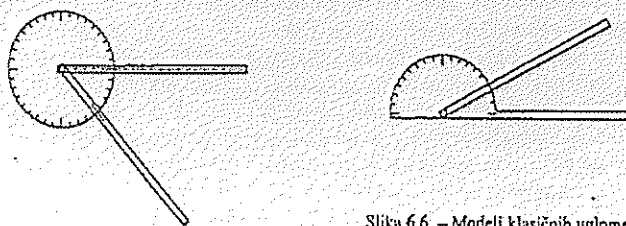
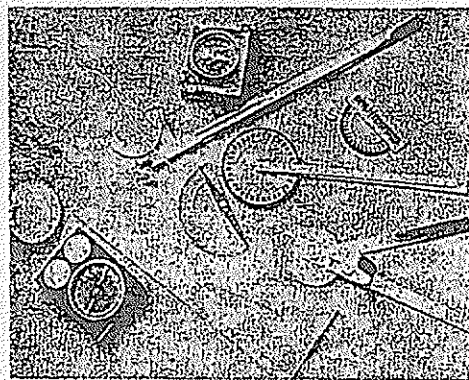
Merenje *centimetarskom pantljkikom* je takođe objektivna metoda, kojom se može meriti pokret pojedinih segmenata tela. Najčešće se mere pokreti kičmenog stuba.



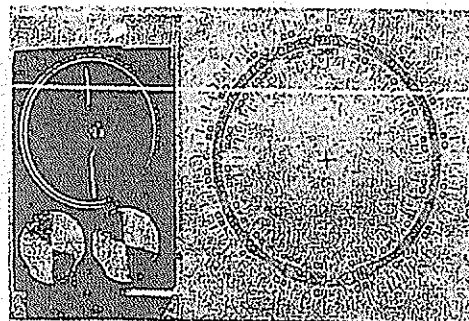
Grupa autora

/ 120 /

Slika 6.5. – Razne vrste uglomera



Slika 6.6. – Modeli klasičnih uglomera



Slika 6.7. – Gravitacioni uglomer



Kineziologija

/ 121 /

MERENJE SNAGE MIŠIĆA

Metode za procenu snage mišića mogu biti subjektivne i objektivne. U prve spadaju subjektivna procena snage mišića i manualni mišićni test, a u druge dinamometrija i dinamografija.

Metoda subjektivne procene snage mišića izvodi se golim okom, zašta je pored sposobnosti zapažanja potrebno i izvesno znanje i iskustvo. Ova metoda pripada počecima procene vrednosti mišića u odnosu na savladavanje sopstvenog segmenta i spoljašnje sile i predstavlja deo istorije u određivanju snage mišića.

Manuelno testiranje snage mišića ili mišićni test pokazao se kao najpogodnija tehnika procene i načina kategorizacije mišićne snage. Ova metoda se, uz korekcije i usavršavanja, zadržala do današnjih dana. Prihvatljiva je za izvođenje i pored moguće subjektivnosti (zamor ispitanika, neprecizna fiksacija segmenata, fizička kondicija ispitivača i dr.). Zbog nedostatka odgovarajućih mernih instrumenata, manualna metoda testiranja snage mišića još dugo će se primenjivati.

Da bi se ovo merenje uspešno obavilo, treba da budu zadovoljeni sledeći uslovi:

- ispitanik mora biti oslobođen viška odeće;
- segment koji se meri treba da bude fiksiran na odgovarajući način (proksimalni deo fiksiran, a distalni slobodan);
- položaj ispitanika mora biti precizno određen (da ne bi došlo do tzv. trik-pokreta);
- prostori za testiranje mora biti zagrejani;
- ispitanik treba da bude upoznat sa pokretom koji treba da izvede.

Test treba sprovoditi:

- uz dobro osvetljenje sa svih strana;
- određenim redosledom, koji zahteva što manje promena položaja ispitanika u mirovanju i u kretanju;
- tako da ruke ispitanika budu čiste, uredne, suve i ugrejane;
- sistematskom obradom pojedinih grupa mišića.

Mišićni test je metoda fizikalnog pregleda snage kontrakcije mišića, kojom se manualno ispituje svaki mišić zasebno i ocenjuje ocenama od 0 do 5. Radi bolje preciznosti, postojećim ocenama dodaju se znaci (+) ili (–).

Ocene su:

- 0 – kada nema ni traga mišićne kontrakcije koja bi se mogla videti ili palpirati;
- 1 – mišićna kontrakcija postoji, ali ne dovodi do pokreta;
- 2 – mišić ostvaruje pun pokret, ali uz pomoć, odnosno uz isključenje sile Zemljine teže;
- 3 – postoji pun pokret uz savladavanje sile Zemljine teže, ali ne i bilo kakvog otpora od strane ispitivača;
- 4 – postoji pun pokret, uz savladavanje sile Zemljine teže i izvesnog otpora ispitivača;
- 5 – postoji pun pokret, uz savladavanje sile teže i punog otpora ispitivača.

DINAMOMETRIJA

To je objektivna metoda procene mišićne sile, koja se sastoji u merenju maksimalne statičke sile mišića. Dinamometrija koristi i drugu poznatu činjenicu da najveću silu mišić razvija ako su segment koji se pokreće i tetiva kojom se mišić hvata za taj segment pod uglom od



Grupa autora
/ 122 /

90 stepeni. U tom slučaju sinus ugla alfa jednak je 1 i vrednost dobijena na dinamometru pomnožena tim brojem ostaje nepromenjena. Za vreme merenja omča dinamometra treba da stoji pod uglom od 90 stepeni.

Jedinica za merenje mišićne sile je njutn i obeležava se sa N. To je sila koja masi od 1 kg daje ubrzanje od 9,81 metar u sekundi na kvadrat.

Prilikom merenja treba uzeti u obzir da veličina mišićne sile varira i zavisi od životnog doba, pola, konstitucije, kondicije, emocionalnog stanja i drugih faktora.

Dinamometrija je jednostavna tehnika i njena primena je moguća u gotovo svim situacijama, ne zahteva toliko promena položaja kao manuelni mišićni test, čime je i vreme testiranja kraće.

DINAMOGRAFIJA

Dinamometar je instrument koji daje meru sile mišića, ali ne i promene intenziteta te sile u toku njenog dejstva. Zato je konstruisan *dinamograf*. Princip rada dinamografa zasniva se na elastičnosti ploče, na koju se vrši pritisak i registraciji promena intenziteta mišićne sile u toku njenog delovanja. Registracija promena mišićne sile obavlja se na fotografskoj hartiji na kojoj se istovremeno beleže i vremenski intervali.

MERENJE MIŠIĆNOG RADA

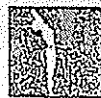
Merenje mišićnog rada može se obavljati primenom fizičkih merila i postupaka, ali ono ne daje uvid u biološke procese. Prema zakonima fizike:

rad = sila (ili teret) × rastojanje (ili put).

Sila se meri u njutnima, a rastojanje u metrima; otuda je jedinica rada J (džul; Joule) = $N \times m$. Veća jedinica je kilodžul (kJ). Sve ostale jedinice koje su ranije bile u upotrebi (kg × m, konjska snaga, din) danas nisu dopuštene. Opterećenje je rad u jedinici vremena, tj. J/s, a jedinica je vat (watt).

Za organizam nije od značaja ukupna količina rada već veličina opterećenja, odnosno koliko energije treba osloboditi i u kom vremenu. Pošto se svaki mišićni rad plaća energijom, a energija se u organizmu oslobađa preko procesa oksidacije, to bi svako opterećenje trebalo posmatrati i razvrstavati prema potrošnji kiseonika. Tako će veličina opterećenja biti izražena veličinom potrošnje kiseonika. Međutim, isto fizičko opterećenje ne mora biti i biološki identično. Ako je osoba A stariji čovek, a osoba B mlad sportista, verovatno je da će osoba A posle obavljanja rada imati osećaj da je preopterećena, dok se osoba B neće pošteno ni oznojiti. Isto tako, pri merenju mišićnog rada mora se nastupati krajnje oprezno i maksimalno odgovorno, a preporučuje se da se taj posao prepusti kvalifikovanim stručnjacima, koji raspolažu i određenim znanjem i određenom aparaturom. Obično se za sportiste koriste testovi sa maksimalnim opterećenjem, dok se kod nesportista, a posebno pacijenata, treba zadovoljiti submaksimalnim testovima.

Utvrdeno je da postoji odnos između porasta opterećenja, porasta potrošnje kiseonika i porasta frekvence pulsa u širokom dijapazonu. Otuda se pojedini testovi zasnivaju na merenju



Kineziologija
/ 123 /

frekvence pulsa u toku rada. Rad i efikasnost mogu se meriti za jedan mišić (što je ređe), za grupu mišića ili za ceo organizam. Merenje se obavlja na više načina, od običnih postupaka do upotrebe posebnih sprava – ergometara.

MERENJE PROMENOM POLOŽAJA

Položaj tela je značajan i za merenje radne sposobnosti. Obično se testiranja vrše u sedećem ili stojećem položaju, ali je za neke bolesnike mnogo pogodniji ležeći položaj. Svaki od ovih položaja ima i prednosti i nedostataka. Tako je pri testiranju u ležećem položaju napor za kardiovaskularni sistem nešto manji, jer srce ne mora da kompenzuje svojim radom i uticaje Zemljine težine. S druge strane, osoba u ležećem položaju gubi oko 10% vrednosti svog vitalnog kapaciteta.

Promena položaja podrazumeva razne testove sa čučnjevima, sklekovima i slične, koji mogu dati samo orijentacione pokazatelje nečije radne sposobnosti. Slično je i sa postupcima u kojima se upoređuje snaga pacijenta i osobe koja testira – razne probe sa stiskom ili pokretom kome se ispitiivač aktivno suprotstavlja. Pri tom pacijent pokušava da nadvlada otpor ispitiivača.

Step-testovi. – Postoje brojni standardizovani step-testovi, ali i njihove modifikacije. Kod step-testa opterećenje je težina same ispitiivane osobe, koja se podiže na definisanu visinu tačno određen broj puta u minutu. Da bi se test mogao pravilno sprovesti, potrebni su: klupica ili stepenice sa tačno utvrđenom visinom, metronom i štoperica. Metronom se koristi za davanje takta penjanja i silaženja ispitanika. Promena opterećenja je moguća promenom visine klupice, koja ne sme biti iznad 50 cm. Broj penjanja se takođe može povećavati ili smanjivati i time varirati opterećenje. Opterećenje se računa po formuli:

Opterećenje = telesna masa × visina klupe × broj penjanja × faktor (1,5).

Pri tom se registruje potrošnja kiseonika ili frekvencija srca. Dobre strane ovakvog testiranja su relativno jednostavna aparatura i mogućnost rada na terenu.

Tačnost određivanja radne sposobnosti je manje pouzdana. Iako postoje klupice sa mogućnošću promene visine stepenika, ponekad je nemoguće dostići maksimalne mogućnosti ispitanika. Visok položaj klupice je dodatna otežavajuća okolnost za osobe nižeg rasta, a time i manjih dimenzija poželjnog poluga, dok visoke osobe nastavljaju rad bez problema.

BICIKL-ERGOMETRI

Ovo su veoma precizni instrumenti za zadavanje opterećenja i samo se u retkim slučajevima ne mogu primenjivati. Po izgledu podsećaju na bicikl, ali se nalaze na stabilnom postolju. Često imaju i prednji ili zadnji točak, na kome se različitim postupcima povećava trenje i time pruža otpor. Ovo su ergometri sa mehaničkim kočenjem. Druga grupa ergobicikla ima različite električne sisteme za davanje otpora kretanju nekog točka, tj. zamajca. Poznati su sistemi sa elektromagnetnim kočenjem, u kojima se veliki zamajac okreće u polju jakog elektromagneta. Brzina okretanja pedala je standardna za sve uređaje i iznosi 60/min. Može se povećavati, ali se tada smanjuje efikasnost rada. Rezultati se direktno dobijaju u vatima.



Grupa autora

/ 124 /

Prednosti ergometara sa mehaničkim kočenjem su u njihovoj pokretljivosti, pa se mogu primeniti bilo gde. Baždarenje ovih uređaja takođe nije složeno. Međutim, nedostaci su im da ponekad ne daju prave vrednosti, posebno ako se traka koja služi za kočenje istroši ili jako ugrije. Elektromagnetni ergometri su pouzdani, ali su to teški uređaji, projektovani pre svega za laboratorije.

Postoje bicikli koji mogu da se postave i za ležeci položaj, što je pogodno za pacijente. Najnoviji ergometri su potpuno kompjuterizovani: unose se podaci o polu i starosti ispitanika, na osnovu čega se dobija režim opterećenja. Kako u ergometar dolaze informacije o promeni frekvence pulsa osobe koja se testira, ispravlja se sačinjen program sa ranije pristiglim informacijama i upozorava na nesaglasnost. Istovremeno se menja i veličina primenjenog opterećenja. Ispitivanja pokazuju da se primenom ergobicikala može dostići maksimum radne sposobnosti kod prosečne osobe, a u slučajevima vrhunskih sportista samo do 96% maksimalnog radnog kapaciteta.

Postoje i specijalni ergometri za pojedine sportove, kao što je *veslački ergometar*. To je sprava koja liči na deo čamca, a montira se na ivicu bazena. Veslo je u bazenu i zaveslaji idu kroz vodu. Druge modifikacije ergometra imaju otpor ili u vidu rastezanja opruga ili gumene trake, ili je u pitanju neki drugi način dejstva na polugu „vesla“.

POKRETNE STAZE

Pokretne staze (beskrajna traka, treadmill) sastavljene su od elektromotora, trake i relativno stabilnog postolja. Elektromotor pokreće valjke preko kojih se nalazi traka. Bolji uređaji imaju dodatne elektromotore kojima se, podizanjem prednjeg kraja, reguliše nagib trake. Ispitanik hoda po stazi, u zavisnosti od primenjene brzine. Na taj način je moguće imitirati različite brzine (3 → 35–40 km/h) i inklinacije, tj. uglove (do 14°). Da ne bi došlo do povreda ili pada usled iscrpljenosti, pacijent stalno drži ruku na tastern, čijim se pritiskanjem trenutno prekida kretanje trake. Današnji treadmilli su takođe kompjuterizovani i imaju nekoliko programa: za pacijente, sportiste, prosečne osobe. Pogodnosti primene treadmilla su izvanredne: radi se o prirodnim kretanjima, hodu i trčanju, koje svaka osoba može da izvede. Opterećenje se može postepeno uvoditi i postepeno povećavati. Uređaj je veoma tačan. Međutim, to je isključivo laboratorijski uređaj stacionarnog tipa i uz to relativno skup.

Uz sve ove uređaje obično se koristi i aparatura za snimanje EKG-a, merenje frekvence i dubine disanja, potrošnje kiseonika i produkcije ugljen-dioksida i, eventualno, drugih parametara. Takvim kompleksnim uređajima na veoma tačan način može se odrediti radna sposobnost ispitanika (ili preostali deo radne sposobnosti pacijenta) i ponašanje njegovog kardiovaskularnog i respiratornog sistema u opterećenju.

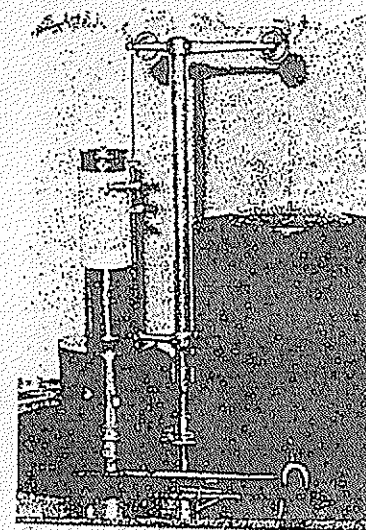
Mala spirometrija

Spirometrija je postupak kojim se određuju zapremina i kapacitet pluća. Ove vrednosti mere se pri jednoj respiraciji. Onda spirometrijski testovi predstavljaju statičke testove, jer se ne mere u jedinici vremena.

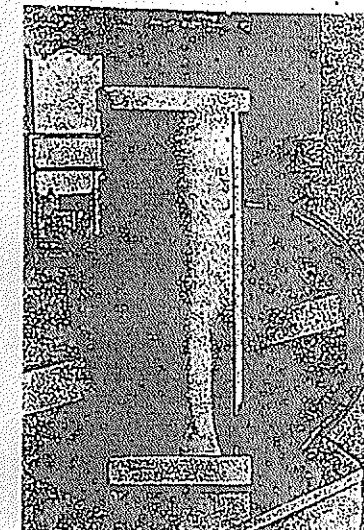


Kineziologija

/ 125 /



Slika 6.8. – Vodeni spirometar tipa Bernstein



Slika 6.9. – Suvi spirometar tipa pulmonor

Postoji više aparata – spirometara za ispitivanje plućne funkcije tzv. malom spirometrijom. Najpogodniji su spirometri koji beleže krivulje u toku testiranja, jer se na taj način može pratiti saradnja ispitanika i omogućiti tačna analiza.

Postoje vodeni i suvi spirometri, vitalografi i aparati kojima se može direktno ispitati ventilacijska funkcija pluća.

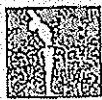
Vodeni spirometar tipa Bernstein sastoji se iz spirometrijskog zvana, koje je uronjeno u posudu s vodom, i cevi koja povezuje ispitanika sa zvonom. Ova cev je istovremeno i dovodna i odvodna. Spirometrijsko zvano je povezano za kimograf sa pisacem kojim se registruju vrednosti plućnog volumena i kapaciteta (sl. 6.8).

Dobijene vrednosti spirograma moraju se korigovati sa tabličnim vrednostima za temperaturu od 37 stepeni Celzijusovog termometra i barometarski pritisak od 760 mm živinog stuba zasićenog vodenom parom.

Suvi spirometar tipa pulmonor sastoji se iz kutije spirometra u kojoj se nalazi meh za vazduh. Meh je spojen sa cevi u koju ispitanik izdahne, a rastezanje meha aktivira pisac koji beleži krivulje po voštanom papiru (sl. 6.9).

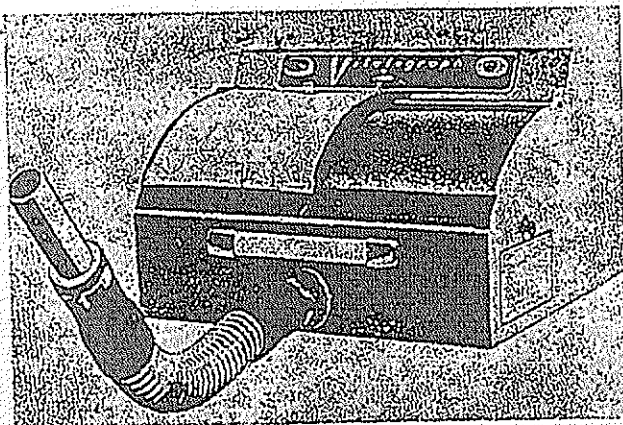
Vitalograf radi po istom principu kao i pulmonor, samo je mnogo prikladniji za upotrebu (sl. 6.10).

Aparat koji je takođe vrlo jednostavan i prikladan za svakodnevnu upotrebu i na kome se direktno očitavaju vrednosti testa je – spirolest. Sastoji se iz dve plastične okrugle komore, uložene jedna u drugu. U spoljašnjoj se nalazi pokretna prepreka, koja se pod strujom izdahnutog

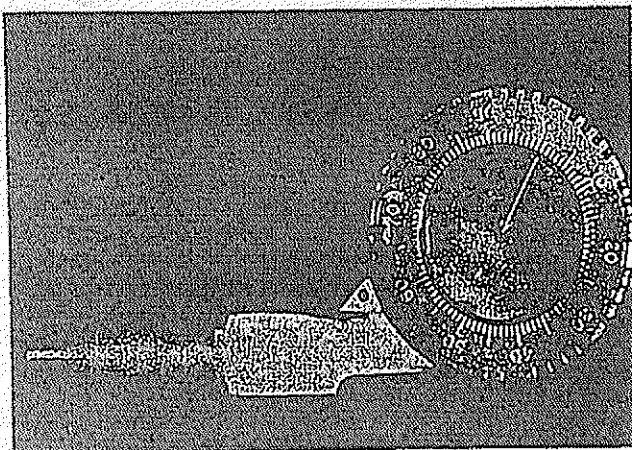


Grupa autora

/ 126 /



Slika 6.10. –
Vitalograf



Slika 6.11. –
Spirotest

vazduha rotira i preko zupčanika pokreće kazaljku koja se zaustavlja na skali za očitavanje vrednosti (sl. 6.11).

Merenje protoka krvi

Oscilografija. – Jedna od objektivnih metoda za merenje protoka krvi u ekstremitetima (tzv. periferna cirkulacija), bilo radi objektivizacije funkcionalnog stanja, bilo kao dijagnostička metoda kod različitih oboljenja, jeste oscilografija. Ovom metodom dobija se slika o stanju krvnih sudova prema oblicima ocrtanih pulsnih krivulja na oscilogramu.



Kincziologija

/ 127 /

Oscilografija je neinvazivna dijagnostička metoda. Zasniva se na principu promene pritiska u manžetni, koja se pretvara u oscilacije koje se grafički registruju.

Oscilografija se sprovodi pomoću manžetne u kojoj je pritisak viši od (sistolnog) pritiska ispitanika. Visina pritiska se postepeno popušta na 20 mm Hg i beleže otkloni igle.

Visina oscilacija zavisi od udarnog volumena srca, krvnog pritiska, stanja krvnih sudova i ostalog. Razlike u visini amplitude od 30% se tolerišu.

Termometrija i termovizija su takođe metode merenja protoka krvi u ekstremitetima, ali se veoma retko primenjuju u praksi.

PRAKTIKUM



Metode objektivizacije funkcionalnog stanja organizma – posebno lokomotornog aparata

Pojam i značaj antropometrije

Antropometrija je jedna od metoda antropologije. Ona omogućava objektivno ispitivanje bioloških osobina čovjeka i njihovu promjenljivost. Ova metoda, između ostalog, opisuje antropološke instrumente i načine njihove primene, objašnjava tehnike merenja i interpretira rezultate tih merenja.

Zahvaljujući Internacionalnom biološkom programu, antropometrija utvrđuje podatke o pojedinim osobinama ljudskog tela. To je metoda čije se jedinice mere (etaloni) primenjuju u svim zemljama sveta i dobijeni podaci na ovaj način daju sliku o strukturi, odnosno građi tela ljudskih populacija Zemlje.

Antropometrija takođe ukazuje na to kolika je promenljivost izvesnih osobina u jednoj populaciji. Ona omogućava precizno upoređenje određenih veličina kod pojedinaca i uočavanje razlika, ako postoje.

Pojam i značaj plantografije

Deformitet je svako odstupanje od normalnog oblika, položaja ili dužine pojedinih delova čovečijeg tela, nastalo kao posledica oboljenja ili povreda. Pored stečenih deformiteta, koji nastaju tokom života, postoje i urođeni deformiteti, sa kojima se dete rađa. Na os-

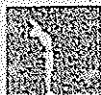
novu težine deformiteta procenjuju se radna sposobnost, invalidnost i telesno oštećenje.

Deformiteti lokomotornog aparata su posebno uočljivi pri pregledu, mada ima deformiteta koji se klinički ne ispoljavaju, a mogu se otkriti nekim metodama.

Lokomotorni aparat je stalno izložen silama težine tela i akcijama mišića, sa jedne strane, i sila potiska, s druge strane. Isto tako, iako je težina čovečijeg tela normalna, podloga na koju se oslanja može biti neudobna, i obrnuto. Zato stopalo kao završni deo donjeg ekstremiteta karakterišu najbrojniji deformiteti. Deformiteti stopala nastaju nošenjem neudobne i nefiziološke obuće. Ravno stopalo (*pes planus*) predstavlja deformitet kod koga je tabanski svod spušten. Ravno stopalo je deformacija koja se najčešće sreće kod školske dece. Tabanski svod je složena greda čiji su delovi povezani zglobnim vezama, zglobnim čahurama i tetivama mišića.

Najlakši oblik ravnog stopala karakteriše slabljenje i popuštanje mišića koji održavaju uzdužni svod stopala. Postoje i teži stepeni ove deformacije, kada dolazi do promene u samoj konstrukciji stopala.

U cilju utvrđivanja stepena deformacije koriste se metoda inspekcije radi grube orijentacije. Međutim, radi preciznijeg određivanja stepena deformiteta koristi se metoda plantografije. Ovom metodom dobija se otisak stopala ili plantogram. Kako postoje utvrđene norme koje odgovaraju normalnom stopalu,



Grupa autora

/ 132 /

svako odstupanje koje se registruje može biti važan dijagnostički znak.

U praksi se koriste Čižinova i Tomsenova metoda.

Dužina i obim ekstremiteta

Opšta dužina je visina tela, koja zavisi od dužine kičmenog stuba i ekstremiteta. Visina tela odraslih više je predmet antropologije, a manje predmet kineziologije, tj. kineziterapije.

Međutim, dužina ekstremiteta može biti veoma važan podatak, i to mnogo više za donje nego za gornje ekstremitete. Razlika u dužini donjih ekstremiteta povlači ozbiljne funkcionalne posledice, dok promena dužine gornjih ekstremiteta više ima estetski značaj. Dužina ekstremiteta je bitna u kineziterapiji nakon povreda ekstremiteta, dislokacija, kod smetnji rasta, posle amputacija i u svim drugim slučajevima kada skraćanje segmenata uslovljava smetnje kretanja. Dužina ekstremiteta se izražava dužinskim jedinicama, centimetrima i milimetrima, od jednog do drugog preciznog i istaknutog mesta, što treba naznačiti (npr. dužina nadlakti od vrha akromiona do vrha olekranona u stojećem stavu).

Mere dužine ekstremiteta trebalo bi da budu obostrane i simetrične, mesta merenja treba obeležiti dermografom, dok se ispitanik nalazi u standardnom položaju. Ovo su samo neki elementi koji treba da budu zadovoljeni zbog veće preciznosti merenja, a detaljnije će biti opisani u narednim vežbama.

Merenje obima najčešće se vrši na određenim mestima, pomoću mekog platnenog metra.

Merenje obima ekstremiteta služi za određivanje stanja edema ili za približnu procenu fiziološkog preseka mišića. Obim ekstremiteta je promenjiv i zavisi od položaja proksimalnog i distalnog segmenta i od vrste kontrakcije. Merenje obima najčešće se vrši na određeni-

im mestima pomoću platnenog metra. Mesto merenja obima ekstremiteta je obično najširi deo mišića, a to je sredina mišićnog trbuha. Da bi rezultati merenja bili što pouzdaniji i precizniji, treba se pridržavati sledećih pravila:

- merenje treba uvek izvoditi na ekstremitetima u opuštenom položaju, sa olabavljenim mišićima;

- centimetarska pandjlica se postavlja pod pravim uglom na osovinu segmenta i ne sme biti jako zategnuta;

- udaljenost se izražava u centimetrima od istaknutih, orijentacionih tačaka, koje moraju prethodno biti obeležene dermografom;

- merenje treba ponoviti najmanje tri puta;

- obimi većih segmenata mogu biti mereni na više mesta.

Merenje snage mišića

Merenje (mencuracija) predstavlja jedan od najspeцифичnijih i najpreciznijih delova procene (evaluacije) funkcionalnog stanja lokomotornog aparata, kojim se otklanjaju subjektivni faktori procenjivanja stanja i čiji je značaj veoma velik. Tačnim merenjem i izražavanjem u brojčanim vrednostima prikazuje se zatečeno funkcionalno stanje. Ovaj postupak pruža u svakom trenutku i lično i drugima predstavu o stanju i snazi ispitanika, omogućuje procenu njegovog daljeg razvoja, kao i objektivno zaključivanje o uspehu ili neuspehu primene odgovarajućih vežbi.

Promene motorne funkcije (motiliteta) otkrivaju se ispitivanjem aktivne pokretljivosti. Aktivna pokretljivost ispituje se bez otpora i sa otporom od strane ispitivača, što odgovara tzv. gruboj motornoj snazi, dok se precizna procena aktivne pokretljivosti vrši pomoću tzv. mišićnog testa.



Praktikum

/ 133 /

Mišićni test je metoda procene kontraktilne snage mišića. Ovom metodom se manuelno (ručno) ispituje svaki mišić posebno i ocenjuje ocenama od 0 do 5.

Ocena 5 – postoji pun pokret, uz savladavanje sile teže i većeg otpora ispitivača. Praktično, to je snaga kontrakcije normalnog mišića.

Ocena 4 – postoji pun pokret, uz savladavanje sile teže i manjeg otpora ispitivača.

Ocena 3 – postoji pun pokret, uz savladavanje Zemljine teže, ali bez ikakvog otpora ispitivača.

Ocena 2 – postoji pun pokret, ali uz isključenje sile Zemljine teže, odnosno primenu supenzionih naprava ili uz pomoć ispitivača.

Ocena 1 – mišićna kontrakcija je prisutna, može se osetiti pod prstima, ali je nedovoljna da izazove pokret.

Treba ukazati na to da se neki mišići ne mogu testirati ni subjektivnim ni objektivnim metodama, jer su njihovi pokreti nekoordinirani (kao što su mišići stopala – izuzev fleksora i ekstenzora prstiju).

Postoji čitav niz faktora koji mogu uticati na rezultate merenja snage mišića: neodgovarajući kontakt sa ispitanikom, zamor ispitanika, njegovo emocionalno stanje, neprecizna fiksacija, fizička kondicija ispitivača i niz drugih faktora. Međutim, ova metoda je u širokoj primeni u praksi, a zbog nedostataka preciznih merih instrumenata ona će se još dugo zadržati i primenjivati.



Antropometrijske tehnike

Antropometrijske tehnike predstavljaju uputstva i načine određivanja veličina i osobina ljudskog tela. Antropometrijske osobine i karakteristike mogu se određivati korišćenjem instrumenata ili slobodnom procenom. Prvi način određivanja je objektivniji, tj. podaci raznih ispituvača malo variraju i mogu se koristiti. Određivanje osobina slobodnom procenom može biti vrlo subjektivno i zavisi od sposobnosti zapažanja i iskustva osobe koja izvodi procenu. Zato različiti istraživači mogu dati različite procene iste osobine.

U osnovi, antropometrijske tehnike merenja su jednostavne. Međutim, ako se merenje ne vrši pod standardnim uslovima, rezultati takođe mogu biti neprecizni i neupotrebljivi.

Prilikom merenja ispitanik je bosonog, lako obučen u dres za vežbanje ili u donji veš. Merenje treba sprovoditi na levoj strani tela, što odgovara Internacionalnom biološkom programu.

Merenje se organizuje po principu „istog instrumenta“ ili merenja istog dela tela. Prvi tip merenja podrazumeva uzimanje svih mera koje se mere istim instrumentom. Drugi tip merenja podrazumeva uzimanje mera različitim instrumentima istog dela tela, koji predstavlja celinu.

Organizacija merenja zavisi od broja osoba na koje treba meriti i broja ispituvača.

Merni instrumenti

Antropometrijski instrumenti moraju biti napravljeni od specijalnih materijala, po uputstvu Internacionalnog biološkog programa.

Najčešći antropometrijski instrumenti u kinезiologiji su:

- 1) antropometar,
- 2) stadiometar,
- 3) vaga,
- 4) kaliper,
- 5) traka za merenje,
- 6) pelvimetar ili veliki (ginekološki) žestar,
- 7) klizni žestar ili šibler, ravni žestar,
- 8) dinamometar.

1) ANTROPOMETAR

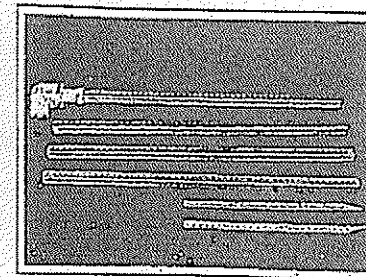
Antropometar je osnovni instrument za merenje visine u antropometriji. Dužina antropometra je 210 cm. Sastoji se iz jedne vertikalne župlje metalne šipke, koja je (radi lakšeg nošenja i montaže) podeljena na četiri dela, na kojima su obeleženi centimetri. Preciznost merenja je ± 1 mm. Na gornji kraj antropometra stavljaju se dva horizontalna lenjira, od kojih je gornji nepokretan i pričvršćen za antropometar, a drugi je pokretan i klizi duž antropometrijske cevi. Ovaj horizontalni kli-



Praktikum
1351

zač stavlja se na tačku koja se meri (sl. 1). Gornji deo, tj. gornja četvrtina antropometra sa dva horizontalna lenjira upotrebljava se i kao instrument za merenje pojedinih delova, tj. segmenata tela pošto je druga strana antropometra takođe baždarena. Tada se koristi skala koja započinje od nepokretnog klizača.

Izmerena vrednost očitava se na središnjoj liniji četvorougaoanog otvora koji se nalazi na kliznom lenjiru.



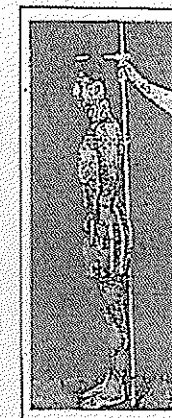
Slika 1. – Antropometar (nastavljen)

2) STADIOMETAR

Stadiometar je laboratorijski antropometar načinjen iz jednog dela (sl. 2). Obično je od drveta aloe ili metala. Fiksiran je na mestu pogodnom za rad i služi za stalno merenje telesne visine. Raspon merenja, očitavanje i preciznost instrumenta istovetna je kao i kod antropometra.

U svakodnevnoj medicinskoj praksi koristi se visinomer pričvršćen uz medicinsku vagu.

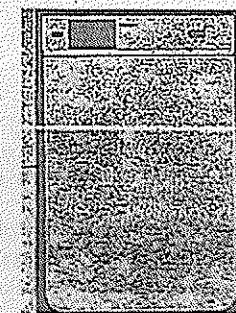
Za merenje dužine (visine) tela male dece koristi se „korito“.



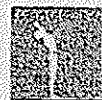
Slika 2. – Stadiometar

3) VAGA

Vaga je instrument za merenje telesne težine. U laboratorijskim, zdravstvenim i sportskim prostorijama najčešće se koristi tzv. medicinska decimalna vaga s pomičnom oprugom. Njena tačnost merenja je $\pm 0,1$ kg. Međutim, mogu se upotrebljavati i portabl vage (sl. 3).



Slika 3. – Vaga



Grupa autora

/ 136 /

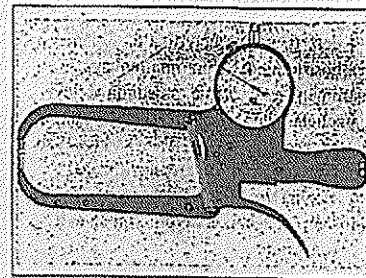
4) KALIPER

Kaliper je instrument za merenje debljine kožnih nabora. Najčešće korišćeni kaliper je tipa John Bull. On ima pravougaone držače na krajevima svojih krakova, veličine 15×5 mm, koji služe za što bolje hvatanja duplikatura kože. Njegova konstrukcija omogućava merenje uvek pod istim pritiskom od 10 g/mm^2 . Skala je načinjena u rasponu 0–40 mm (dva kruga od po 20 mm), a baždarena je tako da daje očitavanje $\pm 0,2$ – $0,5$ mm. Skala se podešava otpuštanjem zavrtnja na jednom kraju instrumenta, pri čemu se okretanjem skale levo ili desno indikator dovodi u položaj 0 (sl. 4).

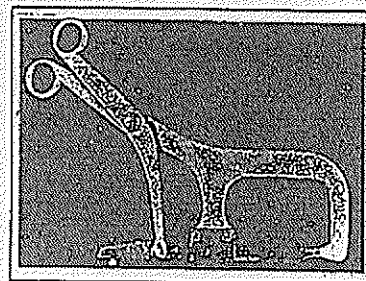
Kaliper tipa „makaze“ se najčešće upotrebljava. Njegova konstrukcija je nešto drugačija. Završeci krakova ovog instrumenta su okrugli, s premerom od 6 mm. Raspon skale je 60 mm, sa stalnim pritiskom od 20 g/mm^2 . Tačnost merenja iznosi $\pm 0,5$ mm. Instrument treba baždariti posebnim tegom, i to posle svakih 10 merenja (sl. 5).

Izrazito precizan instrument za merenje kožnih nabora je i Lange – Skinfoldov kaliper. Dodirna površina mu je oko 30 mm. Skala dozvoljava očitavanje od 60 mm, sa tačnošću do $\pm 0,5\%$ pune skale. Ovaj instrument ima konstantan standardni pritisak od 10 g/mm^2 , i to preko cele skale, što omogućava konstantni pritisak od čitanja do čitanja i kod raznih debljina kožnih nabora koji se ispituju (sl. 6).

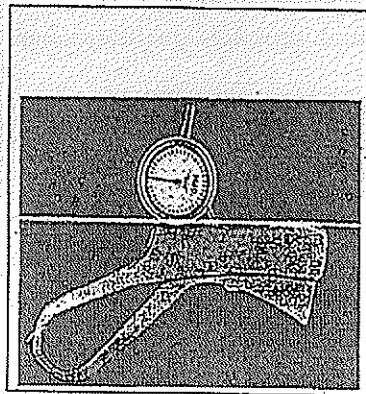
U nedostatku kalipera može se koristiti i veterinarski „kutimetar“ za merenje debljine kože životinja. Merenje kožnih nabora čoveka ovim instrumentom pokazuje mala odstupanja i kod najsavremenijih instrumenata. Veličina njegove obuhvatne površine je 20×20 mm, raspon skale je 70 mm, tačnost očitavanja je do $\pm 0,1$ cm. Međutim, pritisak mu je varijabilan i instrument se mora vrlo često baždariti.



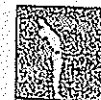
Slika 4. – Kaliper tipa John Bull



Slika 5. – Kaliper – makaze



Slika 6. – Precizni kaliper ili Lange – Skinfoldov kaliper

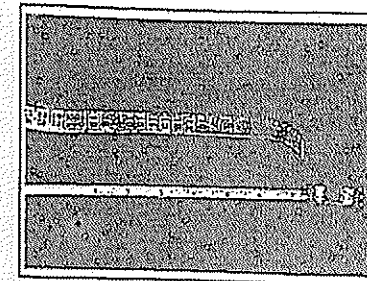


Praktikum

/ 137 /

5) TRAKA ZA MERENJE

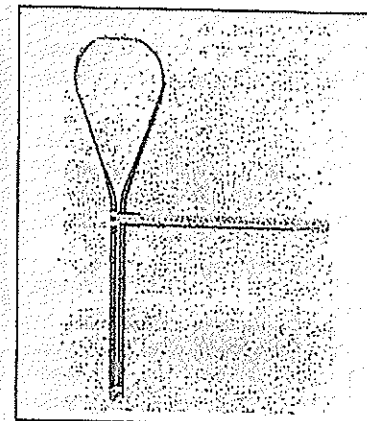
Traka za merenje ili pantljika služi za merenje telesnih obima. Uglavnom je to metalna – čelična traka sa centimetarskom podelom do 200 cm i tačnošću do $\pm 0,5$ cm. Obično je smeštena u bakelitnu ili metalnu kutiju. Treba znati da se osim metalne trake može upotrebiti samo plastična traka, ali ne i platnena zbog nepreciznosti koja nastaje usled njenog legljenja (sl. 7).



Slika 7. – Čelična traka i platneni metar

6) PELVIMETAR

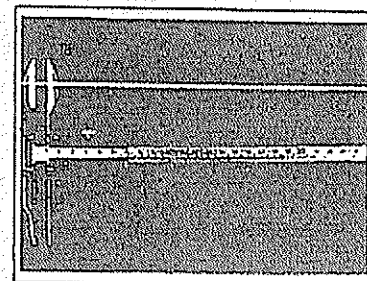
Pelvimetar je instrument koji služi za merenje rasiojanja u širinu, a može da se koristi i za mala dužinska merenja, na primer nekih delova ekstremiteta. On se sastoji iz dva čelična kraka, koji su jednim svojim krajem međusobno spojeni a drugim, slobodnim savijeni jedan prema drugom u luku i nose po jednu kuglicu. Jedan krak pelvimetra nosi pokretno zglobljen metalni lenjir (skal), koji se uvlači u šlifer drugog kraka pelvimetra. Raspon skale je 60 cm, a preciznost merenja $\pm 0,1$ cm. Izmerena vrednost očitava se na unutrašnjoj liniji klizača (sl. 8).



Slika 8. – Pelvimetar

7) RAVNI ŠESTAR

Ravni šestar je instrument koji služi za merenje malih dužinskih i širinskih mera (sl. 9). Sastoji se od jednog lenjira dužine 25 cm, na čijoj se nultoj tački, tj. na jednom njegovom kraju, pod pravim uglom nalazi 12 cm dugi poprečni krak. Ovaj krak je na jednom svom kraju zaobljen, a na drugom špicasti. Drugi poprečni krak sa istim karakteristikama je pokretan na principu šiblera. Merena veličina očitava se direktno na skali sa preciznošću od $\pm 0,1$ cm.



Slika 9. – Ravni šestar



Grupa autora
1381

8) DINAMOMETAR

Dinamometar je instrument za merenje mišićne snage. Njegov detaljniji opis i uputstva za upotrebu dati su u vežbi 30.

Merenje dužine ekstremiteta

Merenje dužine ekstremiteta podrazumeva merenje dužine celog ekstremiteta (totalno) i dužine pojedinih segmenata, tj. dužine pojedinih celova (parcijalno). Na donjim ekstremitetima razlikuju se još i anatomska ili stvarna i funkcionalna ili klinička dužina.

Vrednost koja se dobije merenjem dužine ekstremiteta predstavlja rastojanje između određenih antropometrijskih mernih tačaka. Merenje se sprovodi antropometrom ili centimetarskom trakom.

Centimetarska traka kojom se meri ne sme biti zategnuta, uvrnuta niti olabavljena.

Nepokretni deo antropometra uvek se postavlja na antropometrijsku tačku koja je postavljena dalje od bazisa. Šipka antropometra je pod pravim uglom u odnosu na bazis. Očitavanje se započinje od nepokretnog lenjira.

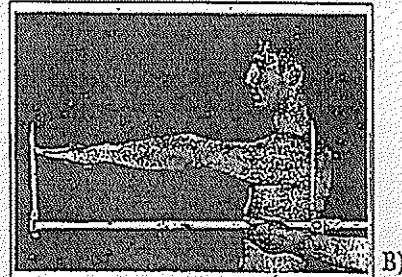
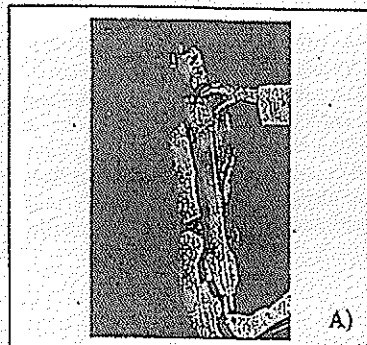
Pri merenju, ispitanik zauzima standardni položaj.

Antropometrijske tačke obeležavaju se olovkom (dermografom).

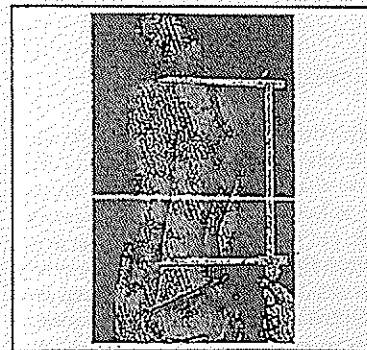
Po mogućnosti, merenje treba obavljati u isto doba dana.

Dužina ruke u celosti meri se od vrha akromiona do daktiliona, tj. do vrha trećeg prsta na potpuno opuštenoj ruci (sl. 10 a i b).

Dužina nadlaktice predstavlja rastojanje od akromiona do olekranona (sl. 11).



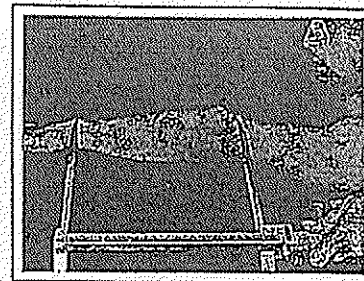
Slika 10. – Merenje ukupne dužine gornjeg ekstremiteta: a) centimetarskom pantljkikom, b) antropometrom



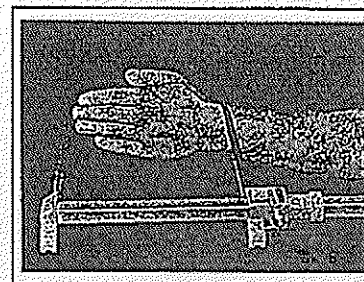
Slika 11. – Merenje dužine nadlaktice (antropometrom)



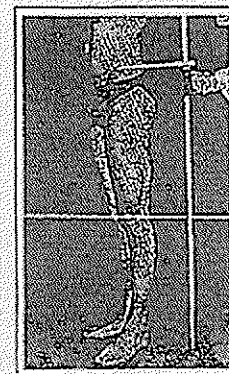
Praktikum
1391



Slika 12. – Merenje dužine podlaktice (antropometrom)



Slika 13. – Merenje dužine šake (antropometrom)



Slika 14. – Merenje ukupne dužine noge antropometrom

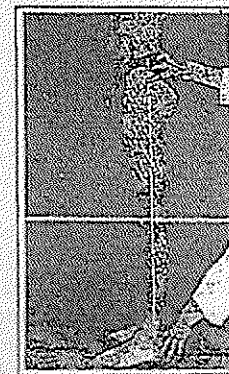
Dužina podlaktice predstavlja rastojanje od spoljašnjeg epikondilusa ramena do vrha stiloidnog nastavka (sl. 12).

Dužina šake sa opuštenim prstima predstavlja rastojanje od stiloidnog nastavka radijusa do daktiliona. Može se meriti i ravnim šestarom (sl. 13).

Ukoliko postoji potreba, može se meriti dužina ruke bez dužine šake – tada se meri rastojanje od akromiona do stiliona, tj. vrha stiloidnog nastavka žbice.

Dužina noge u celosti, u antropometrijskom pogledu, predstavlja rastojanje od bazisa do gornje merne tačke ekstremiteta. Gornja mer na antropometrijska tačka može biti ili spina ilijaka anterior superior ili trohanterion. Uvek se mora naglasiti do koje tačke je izvršeno merenje (sl. 14).

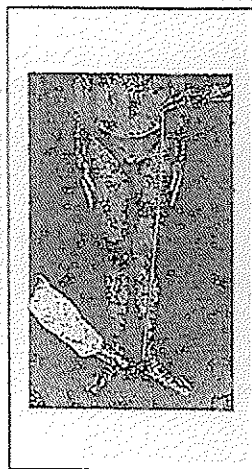
Anatomska dužina noge podrazumeva rastojanje od vrha velikog trohantera do vrha spoljašnjeg maleolusa na opuštenoj nozi (sl. 15), za razliku od funkcionalne dužine noge, koja podrazumeva rastojanje od spine ilijake anterior



Slika 15. – Merenje ukupne dužine donjeg ekstremiteta – anatomska dužina



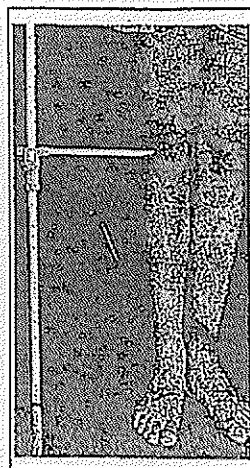
Grupa autora
11401



Slika 16. – Merenje ukupne funkcionalne dužine donjeg ekstremiteta: a) centimetarskom pantlijkom u stojećem stavu, b) platinom metarskom trakom u ležećem stavu

superior do vrha unutrašnjeg maleolusa (sl. 16 a i b).

Dužina natkolenice može takođe imati dve vrednosti, rastojanje od spoljašnje zglobne pukotine kolena pa do jedne od gore navedenih tačaka. Meri se gornjim delom antropometra ili pelvimetrom.



Slika 17. – Merenje dužine potkolenice (antropometrom)

Dužina potkolenice predstavlja rastojanje između spoljašnje zglobne pukotine kolena do vrha spoljašnjeg maleolusa (sl. 17).

Dužina stopala meri se na tabanu od pteriona ili petne kvrge do vrha drugog prsta.

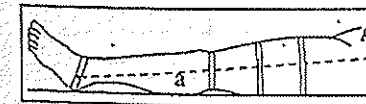
Merenje obima ekstremiteta

Merenje obima ekstremiteta ima veliki značaj, jer se njime stiče predstava o stanju lokomotornog aparata. Merenje obima ekstremiteta služi, između ostalog, za određivanje stanja otoka ili za približnu procenu fiziološkog preseka mišića. Radi veće preciznosti prilikom merenja, neophodno je pridržavati se sledećih pravila:

– merenje obima treba vršiti uvek na istim mestima i na isti način; ako je u pitanju mišić



Praktikum
11411



Slika 18. – Mesta merenja obima noge: A – donja bedrena bodlja (*spina iliaca anterior inferior*), a – spojnica spoljašnjeg gležnja i donje bedrene bodlje

– to je njegov najširi deo (mišićni trbuh), a ako je u pitanju otok – mesto najšireg dela edema;

– ispitivač treba uvek da naznači mesto merenja (to su orijentacione ili fiksne tačke);

– merenje se obavlja na ekstremitetima u opuštenom položaju, sa olabavljenim mišićima, jer su pri kontrakciji i opuštenom mišiću vrednosti različite;

– merenja se izvode pod istim uslovima i u simetričnim položajima;

– merenje obima ekstremiteta i njihovih segmenta vrši se centimetarskom trakom. Ona se postavlja na karakteristična mesta, tako da ravnomerno naleže.

GORNJI EKSTREMITET

Obim nadlaktice u gornjem nivou meri se na pripoju *musculus deltoideus*, tj. 15–10 cm iznad lakta (orijentaciona tačka je spoljašnja neoglobna kvrge ramenice).

Obim nadlaktice u središnjem nivou meri se tako da se traka stavlja 1 cm iznad tačke koja označava polovinu nadlaktice.

Obim nadlaktice pri kontrakciji meri se na istim mestima, samo u položaju fleksije.

Obim lakta meri se u visini lakatnog zgloba.

Obim podlaktice meri se na 10–15 cm ispod spoljašnje neglobne kvrge ramenice.

Obim ručnog zgloba meri se preko *styliona* (vrh stiloidnog nastavka žbice).

Obim šake dobija se merenjem preko metakarpofalangealnih zglobova II i V prsta.

DONJI EKSTREMITET

Obim natkolenice meri se na tri nivoa. Gornji ili maksimalni obim meri se ispod glutealne brazde, tako da gornja ivica centimetarske pantlijke dođe ispod nje. Srednji obim natko-

lenice meri se 10–15 cm od vrha velikog trohantera, a donji obim neposredno iznad čašice (sl. 18).

Obim kolena meri se preko sredine patele.

Obim potkolenice meri se u sedećem položaju. Ispitanik sedi na stolu, tako da mu potkolenice slobodno vise.

Obim skočnog zgloba meri se u istom položaju. Centimetarska traka postavlja se na petnu kost, zatim koso napred i nagore, preko oba maleolusa, a završava se na prednjoj (pregibnoj) strani skočnog zgloba.

Obim stopala meri se u visini glavica metatarzalnih kostiju, a širina stopala ravnim šestarom ili pelvimetrom i predstavlja takođe rastojanje od tačaka metatarzale fibulare i metatarzale tibijale.

Plantografija

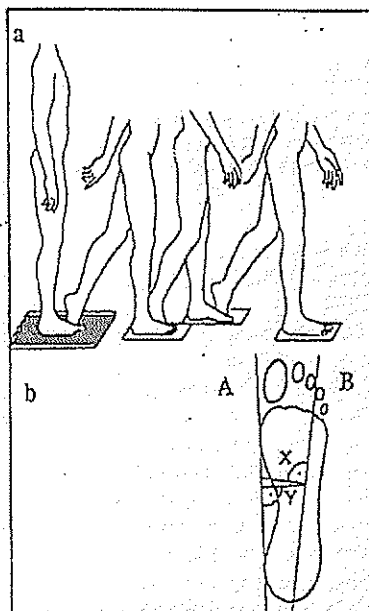
Utvrđivanje stepena ravnog stopala izvodi se plantografijom, odnosno očitavanjem plantograma. Plantogram ili otisak stopala dobija se na sledeći način:

– plitka posuda pravougaonog oblika nalije se tečnošću u boji (maslilo, tuš i sl.), tako da upije nekoliko slojeva gaze koja se nalazi na dnu posude. Gaza služi kao jastučić za pečate;

– ispred posude stave se dva paketa papira (grublje kvaliteta) u cikcak-položaj, tako da odgovaraju normalnom iskoraku ispitanika.



Grupa autora
1142/



Slika 19. – Plantografije: a) način dobijanja plantograma, b) izračunavanje procenta spuštenosti stopala

Ispitanik stane obema nogama u posudu. Zatim iskorači prvo jednom, potom i drugom nogom na odgovarajući paket papira. Na taj način ispitanik ostavlja otisak svojih stopala. Prema Thomsenovoj metodi dobija se *procenat* spuštenosti stopala (sl. 19 a, b).

Na dobijenom otisku stopala sa unutrašnje strane spajaju se najspuščeniije tačke pete i metatarzusa (linija A). Druga linija (B) spaja sredinu pete i spoljašnju stranu trećeg prsta stopala. Ova linija se prema autoru, naziva Majerova linija. Od Majerove linije povlači se spojnica (x), pod pravim uglom, na liniju A u predelu najužeg dela uzdužnog svoda i izmeri se njena vrednost. Sa istog mesta ucrtta se još

jedna spojnica (y), pod pravim uglom na liniju A, izmeri njena vrednost i zameni u formulu:

$$I = x / y \cdot 100.$$

Dobijena vrednost predstavlja procenat (%) spuštenosti svoda stopala.

Merenje kožnih nabora

Kožni nabori mere se kaliperom. Svaki nabor meri se tri puta i izračunava se prosečna vrednost. Kaliper se drži desnom rukom, a levom podiže koža na mernoj tački.

Ispitanik pri merenju stoji u „standardnom položaju“, izuzev pri merenju nabora na potkolenici.

Kožni nabor nadlaktice (tricepsa, sl. 20) meri se na sredini zadnje strane nadlaktice. Oko 1 cm iznad mesta merenja načini se kožni nabor, koji je postavljen u kraniokaudalnom smeru (uzdužno). Kraci kalipera postavse na



Slika 20. – Merenje kožnog nabora nadlaktice (tricepsu)



Praktikum
1143/



Slika 21. – Merenje kožnog nabora na leđima (subscapularni)

1 cm ispod ivice nabora. Vrednost se očitava otprilike 2 sekunde posle stavljanja kalipera na kožni nabor.

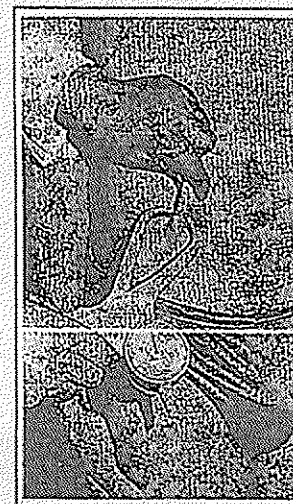
Kožni nabor na leđima (subscapularni, sl. 21) meri se ispod donjeg ugla lopatice. Nabor treba da bude vertikalni ili pod laganim uglom prema osovini lopatice.

Kožni nabor na trbuhu (sl. 22) meri se na tački koja se nalazi 1 cm iznad i 2 cm medijalno od koštane izbočine (spina ilijaka anterior superior).

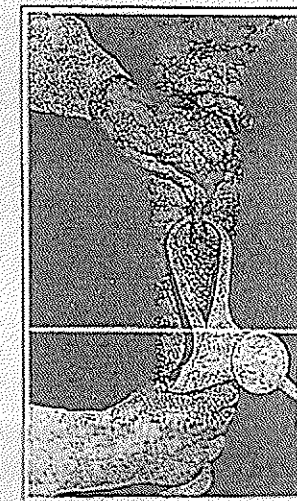
Kožni nabor na potkolenici (medijalno, sl. 23) meri se na mestu najvećeg obima sa medijalne strane potkolenice.

Merenje visine (dužine) tela

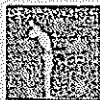
Visina tela meri se antropometrom ili stadiometrom, a kod odojčadi i male dece specijalnim koritom ili na stolu za merenje visine.



Slika 22. – Merenje kožnog nabora na trbuhu



Slika 23. – Merenje kožnog nabora na potkolenici



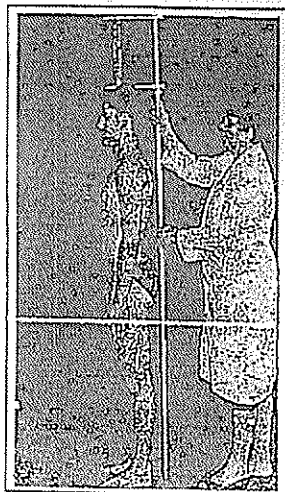
Grupa autora

/ 144 /

Stojeća visina ili visina tela je rastojanje od bazisa do verteksa (sl. 24). Ispitanik zauzme standardni položaj. Antropometar se postavi iza leđa u medio – sagitalnu ravan. Šipka antropometra mora graditi prav ugao sa bazisom. Ispitivač stoji sa desne strane ispitanika ili iza leđa. Desnom rukom horizontalni ključ antropometra blago se spušta da dodirne verteks.

Sedeća visina meri se tako da ispitanik sedi na stolu ispruženog trupa i glave. Noge su opuštene niz sto i ne dodiruju pod. Položaj glave i antropometra je isti kao i kod merenja stojeće visine.

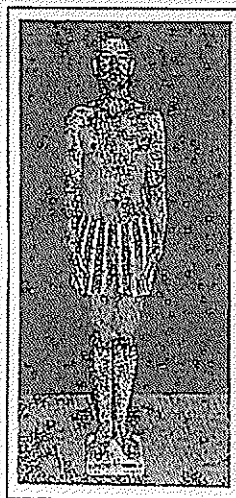
Kod merenja dužine (visine) odojčadi i male dece potrebne su dve osobe. Jedna fiksira dete da ono temenom dodirne gornji rub korita, pazi da položaj glave bude u frankfurtskoj ravni. Druga, asistirajuća osoba, namešta noge i prislanja donju stranicu korita na pete kod merenja dužine, a na gluteuse kod merenja dužine glave i trupa (sedeće visine).



Slika 24. – Merenje ukupne visine tela antropometrom (ispitivač postavljen sa leđne strane)

Merenje težine tela

Težina tela meri se vagom. Pre merenja uvek je neophodno proveriti da li je vaga u ravnoteži. Ispitvana osoba stoji na sredini vage u standardnom položaju i ne pokreće se dok se merenje ne završi (sl. 25).



Slika 25. – Merenje težine tela

Merenje broja respiracija

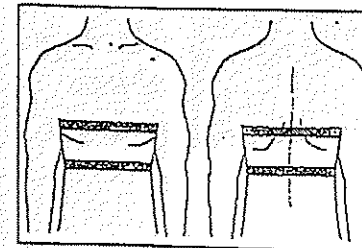
Pod fiziološkim uslovima i u miru frekvencija disanja odrasle osobe je 12–18 u minutu a najčešće 14–16. Merenje broja respiracija vrši se individualno. Treba voditi računa da frekvencija i dubina disanja zavise od uticaja volje ispitanika. Otuda treba odvratiti pažnju ispitanika (uz razgovor) ali uz istovremeno merenje respiracije i pulsa.



Praktikum

/ 145 /

Merenje pokretljivosti grudnog koša izvodi se u uspravnom stavu centimetarskom pantlji-kom (sl. 26). Meri se obim grudnog koša na dva nivoa: mamilarnom, tj. aksilarnom, i na nivou vrha ksifoidnog naslavlka grudne kosti. Centimetarska pantlička postavlja se horizontalno po obimu grudnog koša, koji se meri. Ispitanik izvede maksimalnu inspiraciju, nakon čega se, na istom mestu, ponovo izmeri obim grudnog koša. Razlika između maksimalne inspiracije i mirovanja predstavlja pokretljivost grudnog koša.



Slika 26. – Mestu merenja obima grudnog koša

Izračunavanje torakalnog indeksa (TI) vrši se preko formule koja predstavlja odnos sagitalnog prečnika grudnog koša (AP) i transverzalnog prečnika. Prečnici se mere pelvime-

trom u visini tela grudne kosti i ksifoidnog nastavka:

$$TI = AP / TR.$$



Merenje obima pokreta

Pokretljivost zgloba je osnovna funkcija lokomotornog aparata. Merenje (menzuracija) predstavlja jednu od metoda procene i objektivizacije stanja tog aparata, tj. pokretljivosti zglobova, čiji je značaj veoma velik.

Tačnim merenjem i izražavanjem u brojčanim vrednostima utvrđuje se postojeće stanje, koje u svakom momentu omogućuje, lično i drugima, predstavu o pokretljivosti zglobova.

Pre početka merenja obima pokreta zglobova treba utvrditi tzv. nulti ili početni (osnovni) položaj. Početni ili standardni položaj je kada čovek stoji uspravno u stavu mirno sa opuštenim rukama niz telo, sa opruženim nogama i paralelno postavljenim stopalima koja se nalaze pod uglom od 90 stepeni u odnosu na potkolenice. To je položaj u kome uzdužne osovine najvećeg broja dugih kostiju padaju

pravo na podlogu – na ravan Zemljine površine. Položaj koštanih poluga (svi zglobovi ljudskog tela) u ovom stavu obeležava se sa 0 i svi zglobovi ljudskog tela su u nultom položaju.

Pored toga, neophodno je znati koji su pokreti u ispitivanom zglobu mogući i koliki je njihov normalni obim pokretljivosti, tj. amplituda pokreta, koja predstavlja rastojanje koje pređe jedna koštana poluga od početnog položaja do kraja puta.

Postoji nekoliko ravni u kojima se izvođe osnovni pokreti tela u uspravnom položaju:

– *frontalna ravan*, u kojoj se vrše pokreti odvođenja (abdukcije) i privođenja (adukcije); ona deli telo na prednji i zadnji deo;

Tabela 1. – Obim pokreta zglobova gornjeg ekstremiteta

Pokret	Rame	Lakat	Radioulnarni zglobovi	Ručni zglob
fleksija	180°	150 – 160°		80 – 90°
ekstenzija	50 – 60°	0 – 10°		70°
abdukcija	180°			20 – 25°
adukcija	75°			30 – 50°
unutražnja rotacija	70 – 80°			
spoljašnja rotacija	60 – 70°			
pronacija			90°	
supinacija			90°	



Praktikum
11471

Tabela 2. – Obim pokreta zglobova donjeg ekstremiteta

Pokret	Kuk	Koleno	Skočni zglob	Suplatajni zglob
fleksija	120 – 125°	130 – 135°	45 – 50°	
ekstenzija	15 – 30°	0 – 10°	20°	
abdukcija	40 – 45°			
everzija				20°
adukcija	10 – 30°			
inverzija				30 – 40°
unutražnja rotacija	45°			
spoljašnja rotacija	45°			

Tabela 3. – Obim pokreta kičmenog stuba

Pokret	Cervikalni deo	Lumbalni deo
fleksija	45°	80°
ekstenzija	45°	30°
lateralna fleksija	45°	30°
rotacija	60°	45°

– *horizontalna ravan*, u kojoj se odvija pokret uvratanja (rotacije); deli telo na gornju i donju polovinu;

– *sagitalna ravan* ili ravan simetrije, u kojoj se odvija pokret savijanja (fleksije) i opružanja (ekstenzije), prati težnišnu liniju i deli telo na simetrične polovine, desnu i levu.

Svaka ravan ima odgovarajuću osu (sl. 27):

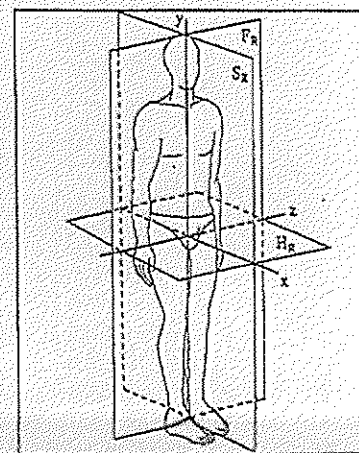
– osa x – predstavlja mesto na kome se seku horizontalna i frontalna ravan;

– osa y – predstavlja mesto na kome se seku sagitalna i frontalna ravan;

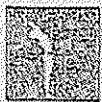
– osa z – predstavlja mesto na kome se seku horizontalna i sagitalna ravan.

Merenje obima pokreta u zglobovima može biti subjektivno i objektivno, koje se vrši merenim instrumentima:

– uglomerom ili goniometrom i
– trakom platnenog metra (mekani krojački metar).



Slika 27. – Prirodni koordinatni sistem: Hr – horizontalna ravan, Fr – frontalna ravan, Sr – sagitalna ravan, x – osa x, y – osa y, z – osa z



Grupa autora

/148/

Merenje se može vršiti *direktno*, primenom mernog instrumenta na ispitaniku, ili *indirektno*, primenom instrumenta na rendgenskom snimku.

Objektivno, direktno merenje vrši se mernim instrumentima uz prethodne predradnje, kao što su:

– *utvrđivanje položaja ispitanika*; pokrete gornjih ekstremiteta i kičmenog stuba najbolje je ispitivati u stojećem, a donjih ekstremiteta u ležećem položaju;

– *utvrđivanje položaja segmenta koji se meri*; pre merenja se mora učvrstiti gornji – proksimalni deo zgloba čiji se pokret meri, a direktno se meri kretanje donjeg – distalnog dela zgloba;

– *utvrđivanje položaja susednih segmenata* oko zgloba koji se meri, jer njihovim položajem pokret može da bude ograničen ili povećan;

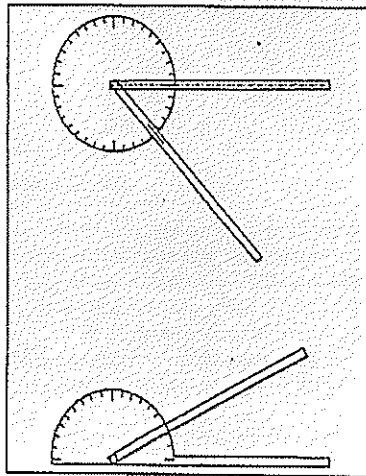
– *uvek se ispituje aktivna i pasivna pokretljivost zglobova*. Aktivnu pokretljivost izvodi sam ispitanik bez ičije pomoći. Ovi pokreti su više vezani za snagu mišića i uvek su manji od pasivne pokretljivosti. Pasivnu pokretljivost ispitanik izvodi uz pomoć svoje „asistirajuće ruke“ ili uz pomoć druge osobe. Pasivna pokretljivost govori o mehaničkoj pokretljivosti, tj. pravom stanju nekog zgloba.

Merni instrumenti

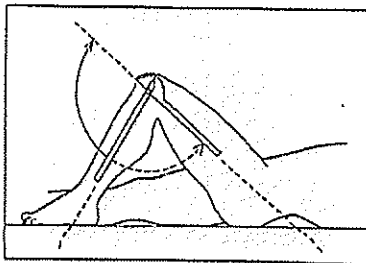
Uglomeri ili goniometri su tehničke sprave kojima se meri obim ili amplituda pokreta, koja predstavlja rastojanje koje prelazi jedna koštana poluga od početnog položaja do kraja puta. Izražava se u stepenima. Postoji veliki broj uglomera i njihovih modifikacija. Najčešće se koriste klasični i gravitacioni uglomeri.

Klasični uglomer (sl. 28). – Ovaj oblik uglomera sastoji se od kružne ili polukružne skale i dva kraka. Jedan krak je ili fiksiran ili predstavlja sastavni deo skale i označava početni položaj. Na sredini tog kraka nalazi se centar skale, odnosno uglomera. Pokretni krak uglomera pričvršćen je osovinom za centar kružne, odnosno polukružne skale.

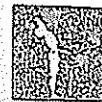
Primena klasičnog uglomera je jednostavna: centar ili središte uglomera postavi se nad osovinu zgloba (sl. 29), a kraci duž osovine



Slika 28. – Klasični uglomer



Slika 29. – Primena klasičnog uglomera



Praktikum

/149/

segmenata. Nepokretni (fiksirani) krak prisloni se duž uzdužne osovine fiksiranog (proksimalnog) dela tela. Pokretni krak prisloni se duž uzdužne osovine pokretnog (distalnog) dela tela koji se kreće. Pomeranjem pokretnog kraka u odnosu na nepokretni krak očituje se obim ili amplituda pokreta merenog zgloba u stepenima.

Prednost uglomera sa krakima je u tome što nije nužno voditi računa o položaju susedne poluge, ni u potrebu fiksirati oslonac. Međutim, nedostatak primene klasičnih uglomera je u tome što ih je nekada, zbog položaja krakova, teško priljubiti uz segment.

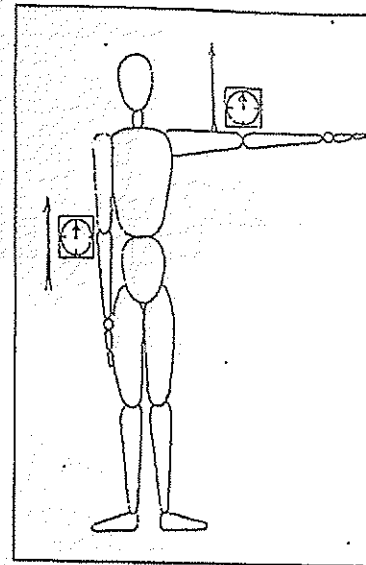
Modifikovani gravitacioni uglomer. – Postoji veliki broj uglomera i njihovih modifikacija, što je proisteklo iz konstrukcionih slabosti. Najčešći razlog je njihova otežana primena na telu, loša fiksacija u toku merenja i slično.

Gravitacioni uglomer zasniiva se na zakonu gravitacije, a konstruisan je u cilju rešenja nedostataka klasičnog uglomera. Ako se kazaljka uglomera, koja se lako kreće oko osovine, izvede nekom spoljnom silom iz ravnotežnog položaja, po prestanku dejstva sile ona se vraća u početni položaj. Pomeranjem koštane poluge pomera se samo kućište uglomera, dok kazaljka održava uvek isti pravac, tj. pravac delovanja sile Zemljine težine. Na pozadini uglomera nalazi se upisana skala od 0 do 180 stepeni u oba smera. Ovo omogućuje direktno očitavanje ugla skretanja segmenta.

Primena gravitacionog uglomera je jednostavna i moguće je obim pokreta meriti u svim položajima tela, ali je neophodno pridržavati se izvesnih pravila o:

- položaju koštanih poluga i
- načinu prinošenja instrumenta.

Osim fiksiranja susednog gornjeg segmenta, uglomer se mora prinostiti uvek na isti način:



Slika 30. – Šematski prikaz gravitacionog uglomera i njegova primena

– ako je uzdužna osovina koštane poluge u horizontalnoj ravni, uglomer se prinosi segmentu tako da pravac kazaljke pada pod pravim uglom na uzdužnu osovinu koštane poluge (sl. 30). Nula na skali (0) postavljena je gore;

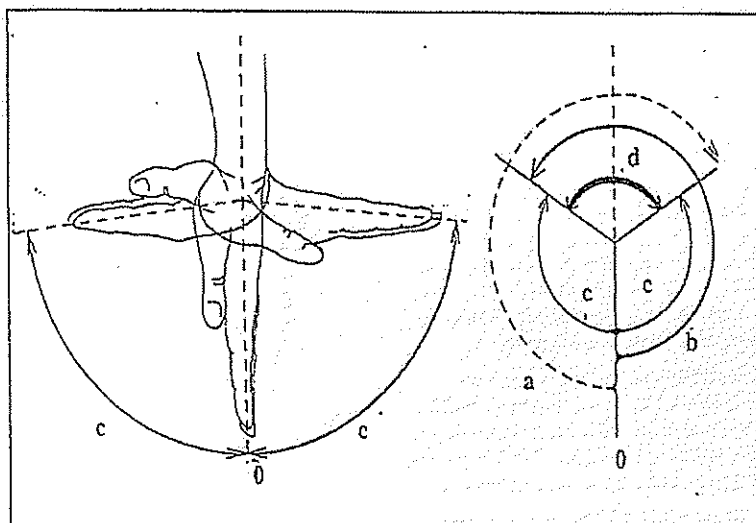
– ako je uzdužna osovina koštane poluge u vertikalnom položaju, kazaljka uglomera mora biti paralelna sa njom. Nula na skali (0) opet se nalazi gore.

U slučajevima kada se koštane poluge ne mogu dovesti u vertikalni ili horizontalni položaj, vrši se korekcija. Korekcija se izvodi okretanjem uglomera u kućištu dok se nula na skali ne poklopi sa položajem kazaljke uglomera.

Merenje centimetarskom pantljkicom je takođe korišćen metod merenja obima pokreta,



Grupa autora
/ 150 /



Slika 31. – Očitavanje ugla ili obima pokreta: 0 – nulti, početni položaj; a – merenje obima pokreta u pozitivnom smeru (u smeru kazaljke na satu); b – merenje obima pokreta u negativnom smeru (suprotno smeru kazaljke na satu); c – merenje ugla koji segment zaklapa sa početnim položajem u jednom ili drugom smeru; d – merenje ugla krajnjih položaja segmenata

najčešće kičmenog stuba. Merenje centimetrom treba vršiti sa stalnih koštanih tačaka na telu.

Očitavanje veličine ugla može biti u oba smera, od nula do 360 stepeni, i može se sprovesti na više načina (sl. 31):

a) očitavanjem ugla koji zaklapa pokretni krak uglomera sa početnim položajem u jednom ili drugom smeru;

b) očitavanjem ugla krajnjih položaja kraka u oba smera, kao kod klatna;

c) merenjem ugla koji zaklapaju kraci uglomera.

Merenje treba uvek početi od nultog položaja u oba smera.

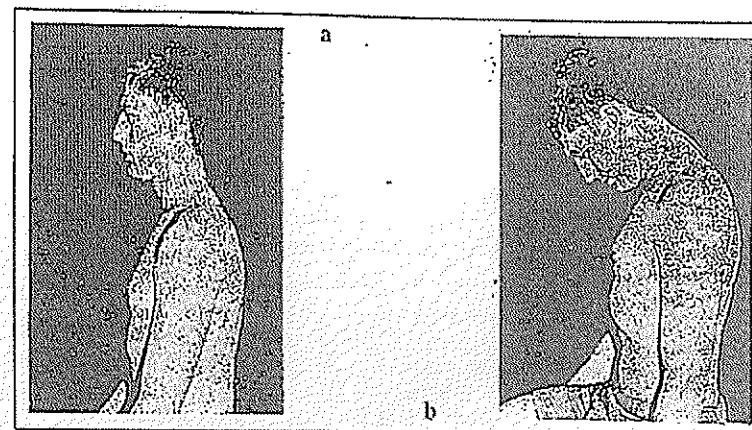
Merenje obima pokreta glave i vrata

Pokreti glave i vrata izvode se u gornjem i donjem zglobu glave i u vratnom delu kičmenog stuba. Mogući pokreti su: fleksija i ekstenzija, bočna fleksija desno i levo i rotacija glave desno i levo.

Fleksija glave i vrata (0–45 stepeni) meri se centimetarskom pantljkikom. Ovaj pokret izvodi se u sagitalnoj ravni. Ispitanik sedi ili leži (sl. 32. a). Glava se nalazi u srednjem, neu-



Praktikum
/ 151 /



Slika 32. a i b – Fleksija glave i vrata

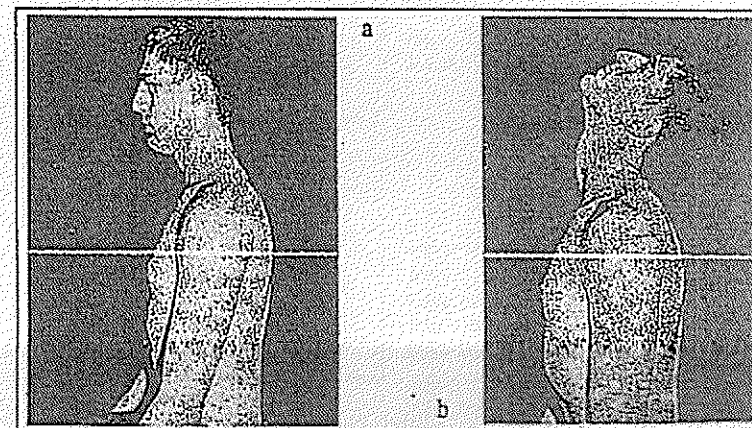
tralnom ili nultom položaju, kada se centimetarskom pantljkikom meri najkraće rastojanje između vrha brade i jugularnog useka grudne kosti. Zatim se izvede pokret savijanja glave napred i izmeri isto rastojanje (sl. 32. b).

Razlika u centimetrima u neutralnom položaju glave i vrata i pri maksimalno izvedenom

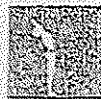
pokretu savijanja predstavlja vrednost pokreta fleksije glave i vrata.

Ekstenzija glave i vrata (0–45 stepeni) meri se centimetarskom pantljkikom. Ovaj pokret se izvodi u sagitalnoj ravni.

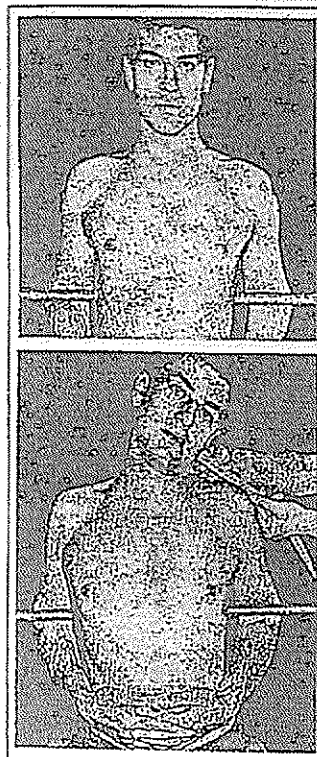
Ispitanik sedi (sl. 33. a). Glava se nalazi u srednjem ili nultom položaju. Meri se rasto-



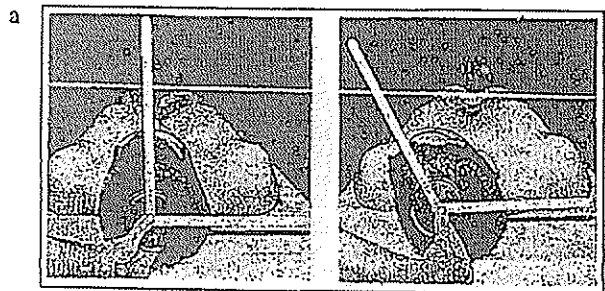
Slika 33. a i b – Ekstenzija glave i vrata



Grupa autora
1521



Slika 34. a i b – Bočna fleksija glave i vrata



Slika 35. a i b – Rotacija glave i vrata

a janje između brade i jugularnog useka grudne kosti. Izvede se pokret opružanja glave unazad i izmeri rastojanje istih tačaka (sl. 33. b). Što je rastojanje između merenih tačaka veće, to je veća pokretljivost vratne kičme u pravcu ekstenzije.

Bočna fleksija glave i vrata (0-45 stepeni) meri se centimetarskom pantljkikom. Ovaj pokret se vrši u frontalnoj ravni.

Ispitanik sedi. Da bi se sprečilo podizanje ili spuštanje ramena, ispitanik obema rukama obuhvata palicu iza leđa (sl. 34. a). Glava je u neutralnom ili nultom položaju. Centimetarskom pantljkikom meri se rastojanje između mastoidnog nastavka slepoočne kosti i natplečka lopatice, kada se glava nalazi u neutralnom položaju. Ispitanik zatim savije glavu na odgovarajuću stranu i ponovo se izmeri navedeno rastojanje. Vrednost obima pokreta utvrđuje se razlikom u broju centimetara između ovih tačaka u neutralnom položaju i pri maksimalnom izvedenom pokretu – bočnoj fleksiji (sl. 34. b).

Rotacija glave i vrata (0-60 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret vrši se u horizontalnoj ravni.

Ispitanik leži na leđima, sa glavom u blizini ivice stola (sl. 35. a). Centar uglomera postavlja se na sredinu temena. Nepokretan krak uglomera je paralelan ivici stola, dok pokretan krak prati vrh nosa u toku pokreta rotacije gla-



Praktikum
1531

ve na desnu ili levu stranu. Početni ugao je 90 stepeni i u toku pokreta smanjuje se za oko 40-45 stepeni (sl. 35. b).

Merenje obima pokreta trupa

Pokrete kičmenog stuba obezbeđuju medupršljenjski zglobovi grudnog i krsnog dela kičmenog stuba. Mogući pokreti su: antefleksija i retrofleksija, bočna fleksija, desno i levo, kao i rotacija trupa desno i levo.

Antefleksija trupa (0-80 stepeni) meri se centimetarskom pantljkikom. Ovaj pokret izvodi se u sagitalnoj ravni.

Ispitanik sedi sa trupom u neutralnom položaju. Centimetarskom pantljkikom meri se rastojanje između gornje ivice jugularnog useka grudne kosti i podloge na kojoj ispitanik sedi (ili preponske simfize). Zatim se izvede pokret maksimalne antefleksije i izmeri opisano rastojanje. Razlika u broju centimetara pred-

stavlja vrednost pokreta fleksije trupa (sl. 36. a i b).

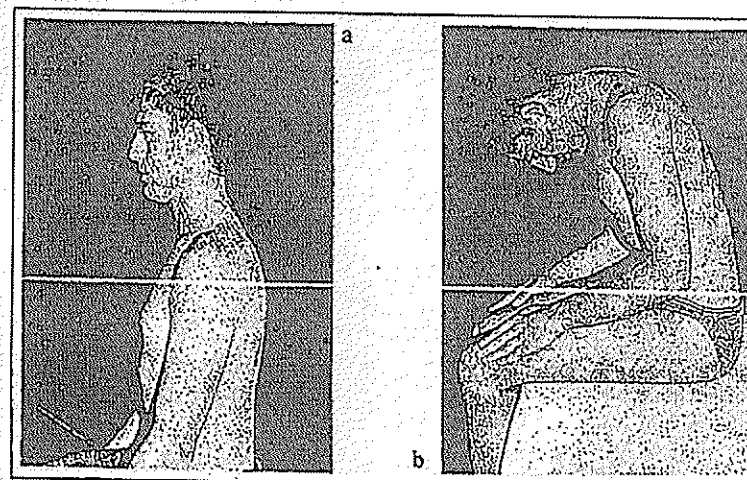
Retrofleksija trupa (0-30 stepeni) meri se centimetarskom pantljkikom. Ovaj pokret se izvodi u sagitalnoj ravni.

Položaj ispitanika i postupak merenja je istovetan kao kod fleksije samo u suprotnom smeru (sl. 37 a i b).

Bočna fleksija trupa (0-30 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret se izvodi u frontalnoj ravni.

Ispitanik sedi u blizini ivice stolice bez naslona. Rukama obuhvata palicu iza leđa, koja predstavlja poprečnu osovinu trupa, a ivica stolice poprečnu osovinu karlice (sl. 38. a i b). Ove dve osovine su paralelne u neutralnom položaju. Pri pokretu bočnog naginjanja trupa osovine zaklapaju oštar ugao. Ovaj ugao meri se tako što se centar uglomera postavlja na bilo koji deo palice s leđa. Fiksni krak uglomera paralelan je sa ivicom stola, a pokretni krak je na palici i prati njene pokrete.

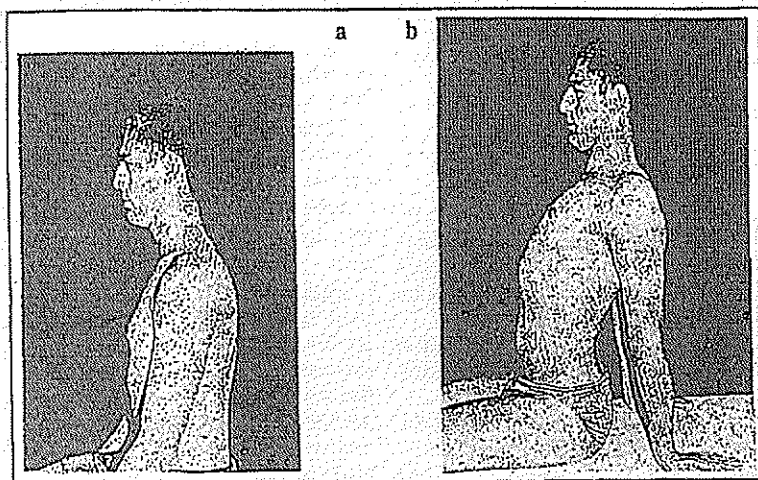
Početni ugao na uglomeru je 0 stepeni.



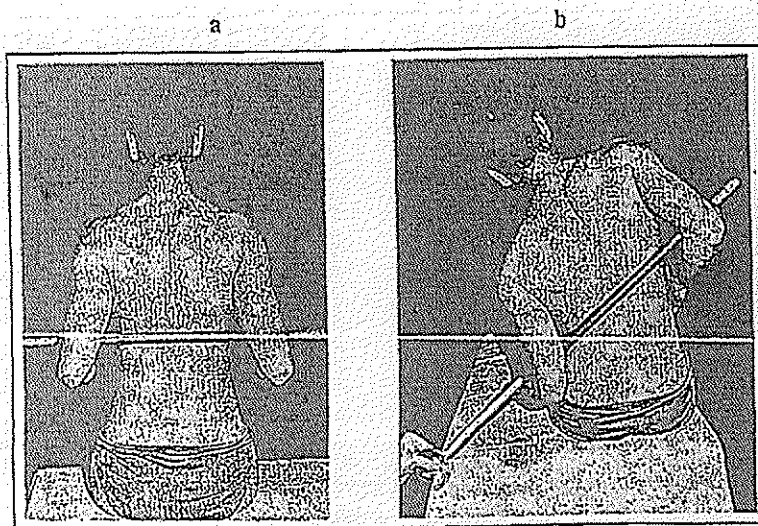
Slika 36. a i b – Antefleksija trupa



Grupa autora
11541



Slika 37. a i b – Retrofleksiju trupa



Slika 38. a i b – Bočna fleksija trupa



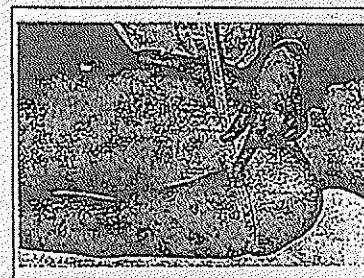
Praktikum
11551

Merenje obima gornjih ekstremiteta

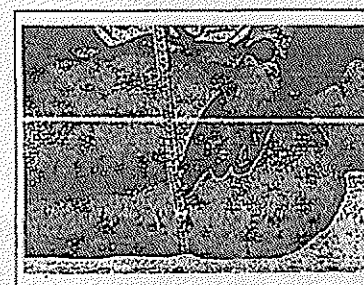
Obim ekstremiteta meri se centimetarskom pantljkicom. Merenja se izvode radi praćenja mišićne mase. Mesta gde se obavlja merenje treba da budu karakteristična i uvek na istim tačkama. Centimetarska pantljika ne sme biti previše zategnuta niti previše labava, kriva ili zalegnuta.

RAME

1) Pripoj deltastog mišića – ukoliko donji pripoj mišića nije vidljiv, treba odrediti nivo na kojem će se meriti, a to je rastojanje od natplečke do mesta gde se očekuje donji pripoj deltastog mišića (sl. 39).



Slika 39. – Merenje obima gornjeg ekstremiteta – rame – pripoj deltastog mišića



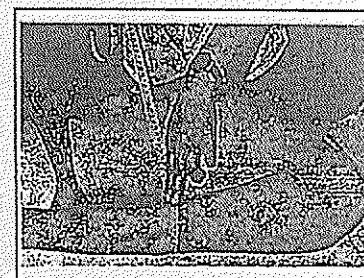
Slika 40. – Merenje obima gornjeg ekstremiteta – rame – dvoglavni mišić

2) Najisturenija tačka dvoglavog mišića nadlakti određuje se pri savijenom podlaktu, a obim se meri kada je ruka opružena u laktu. U slučajevima kada se najisturenija tačka ne može odrediti, mesto merenja se određuje rastojanjem u centimetrima od natplečka do polovine nadlakti (sl. 40).

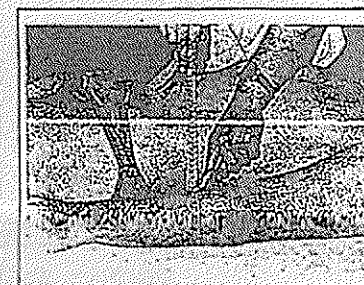
LAKAT

Obim lakta meri se:

- 1) preko lakainog ispupčenja (olekranona) pri opruženom laktu (sl. 41) i
- 2) preko najdebljeg mesta podlakti (obično gornja trećina), a kod nekih patoloških stanja uzima se izvesno rastojanje od olekranona (sl. 42).



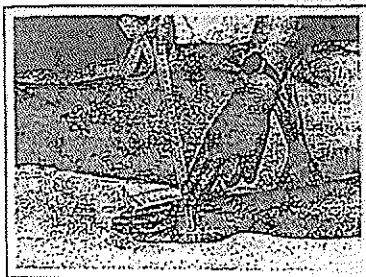
Slika 41. – Merenje obima gornjeg ekstremiteta – lakat



Slika 42. – Merenje obima gornjeg ekstremiteta – podlakt gornja trećina



Grupa autora
11561



Slika 43. – Měrenje obima gornjeg ekstremiteta – šaka

ŠAKA

Obim šake meri se:

- 1) preko ručnog zgloba i
- 2) preko metakarpofalangealnih zglobova (sl. 43).

Měrenje obima pokreta donjih ekstremiteta

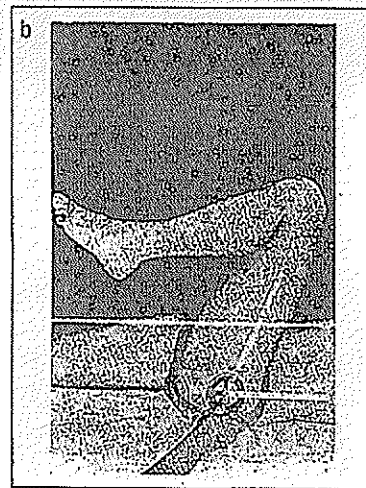
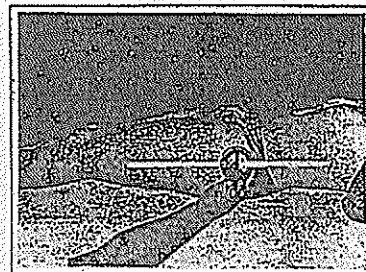
KUK

U zglobu kuka, koji povezuje karličnu i butnu košt, vrše se pokreti: fleksije, ekstenzije, abdukcije, addukcije, spoljašnje i unutrašnje rotacije i cirkumdukcije. Pokreti u zglobu kuka odgovaraju pokretima natkolenice.

Fleksija u zglobu kuka ili fleksija natkolenice (0–120 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret se izvodi u sagitalnoj ravni sa:

- a) savijenom potkolenicom i
- b) opruženom potkolenicom.

Fleksija natkolenice sa savijenom potkolenicom (0–120 stepeni). Ispitanik leži na leđima sa opruženim nogama. Centar uglomera postavlja se na veliku kvrgu (*trochanter major*). Nepokretni krak uglomera prati uzdužnu osovinu karlice, a pokretni krak uzdužnu osovinu butne kosti (sl. 44. a).



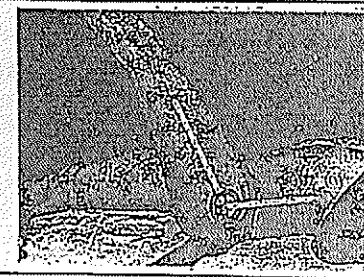
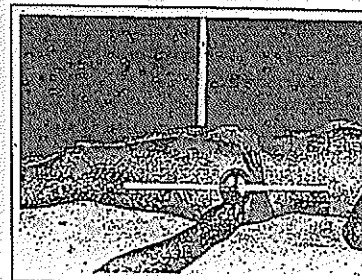
Slika 44. a i b – Fleksija natkolenice sa savijenom potkolenicom

Pri pokretu fleksije natkolenice prema karlici izvodi se istovremeno fleksija potkolenice prema natkolenici (sl. 44. b). Pri izvođenju pokreta treba voditi računa da ne dođe do pomeranja karlice i brisanja lumbalne lordoze.

Fleksija natkolenice sa opruženom potkolenicom (0–90 stepeni) manje je obima jer je ograničava zatezanje mišića zadnje lože natkolenice.



Praktikum
11571



Slika 45. a i b – Fleksija natkolenice sa opruženom potkolenicom

Ispitanik leži na leđima sa opruženim nogama (sl. 45. a, b). Centar uglomera postavlja se na veliku kvrgu (*trochanter major*). Nepokretni krak uglomera prati uzdužnu osovinu karlice, a pokretni krak uzdužnu osovinu butne kosti. Početni ugao segmenata je 180 stepeni. Pri pokretu fleksije sa opruženim kolenom ovaj se ugao smanjuje.

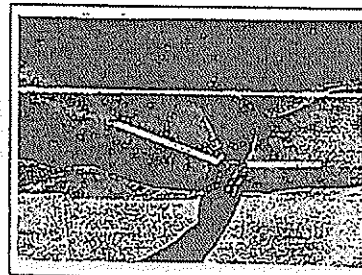
Ekstenzija natkolenice meri se uglomerom. Ovaj pokret se vrši u sagitalnoj ravni sa:

- a) opruženom potkolenicom i
- b) savijenom potkolenicom.

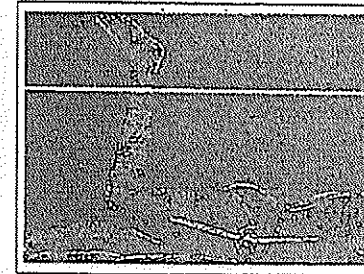
Ekstenzija natkolenice sa opruženom potkolenicom (0–15 stepeni). Ispitanik leži na trbu-

hu. Centar uglomera postavlja se sa spoljašnje strane zgloba kuka na mestu koje odgovara velikoj kvrgi (*trochanter major*). Nepokretni krak uglomera prati uzdužnu osovinu karlice, a pokretni uzdužnu osovinu natkolenice (sl. 46). Početni ugao segmenata je 0 stepeni. Međutim, ovaj ugao se pri pokretu povećava.

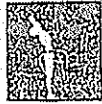
Ekstenzija natkolenice sa savijenom potkolenicom (0–45 stepeni). Položaj ispitanika i uglomera isti je kao i u prethodnom slučaju (sl. 47). U ovom položaju amplituda pokreta je veća. Faktori koji povećavaju amplitudu pokreta ekstenzije natkolenice sa savijenom potkolenicom su delimično labavljenje veza zgloba kuka i kontrakcija dvozglobnih mišića.



Slika 46. – Ekstenzija natkolenice sa opruženom potkolenicom



Slika 47. – Ekstenzija natkolenice sa savijenom potkolenicom



Grupa autora
11581

Abdukcija natkolenice (0-40, 45 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret se izvodi u frontalnoj ravni.

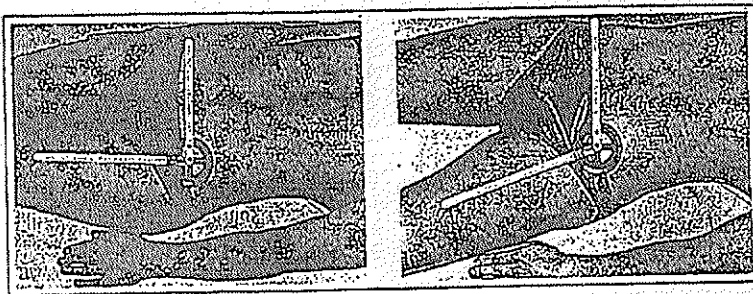
Ispitanik leži na leđima, ispruženih nogu (sl. 48. a). Centar uglomera postavlja se ispod gornje bedrene bodlje (SIAS – *spina iliaca anterior superior*) na strani noge čiji se pokret meri. Nepokretni krak uglomera pruža se do ispod SIAS druge noge. Pokretni krak uglomera prati uzdužnu osovinu natkolenice noge čiji se pokret meri (sl. 48. b). Početni, nulti ugao pri pokretu abdukcije nadkolenice povećava se od središnje linije tela.

Adukcija natkolenice (0-20, 30 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret se izvodi u frontalnoj ravni.

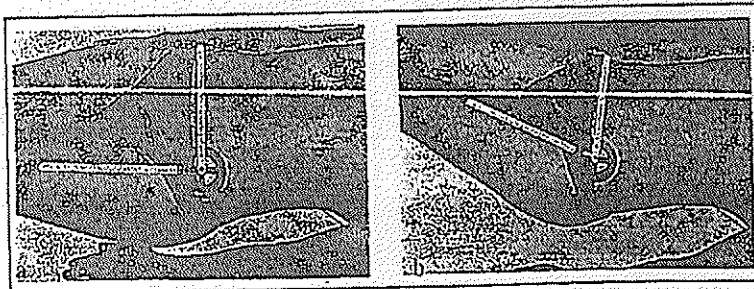
Položaj ispitanika i uglomera istovetan je kao i pri prethodnom merenju, samo što je druga noga, koja se ne meri, savijena za oko 40 stepeni da bi se obezbedilo mesta za pokret privođenja ili adukcije ispitivane noge (sl. 49. a i b).

Unutrašnja rotacija natkolenice (0-45 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret se izvodi u horizontalnoj ravni.

Ispitanik leži na leđima ili sedi (sl. 50. a). Potkolenica visi preko ivice stola savijena za 90 stepeni. Centar uglomera postavlja se ispod vrha čašice. Nepokretni krak uglomera je paralelan sa ivicom stola, a pokretni krak prati uzdužnu osovinu potkolenice (prednju ivicu gole-



Slika 48. a i b – Abdukcija natkolenice



Slika 49. a i b – Adukcija natkolenice



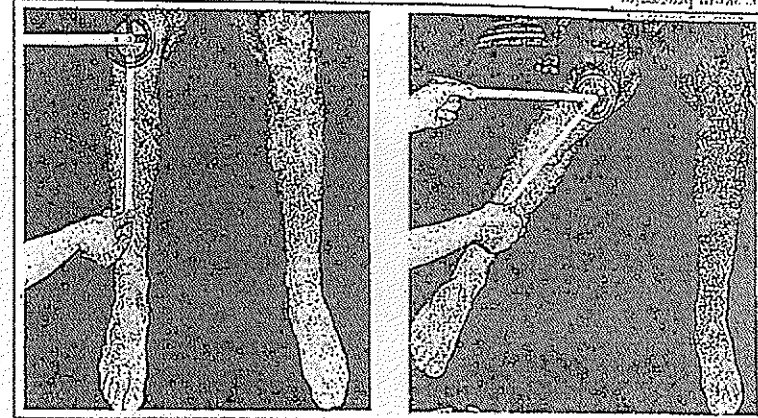
Praktikum
11591

njače) koja se okreće spolja (sl. 50. b). Početni ugao je nulti ugao.

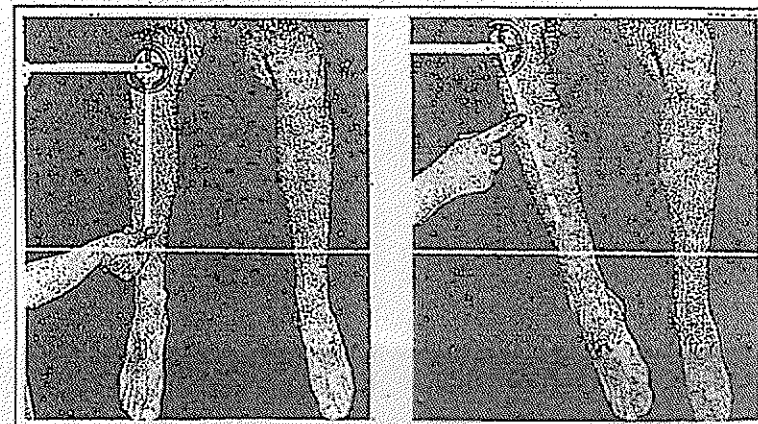
Pri pokretu unutrašnje rotacije karlica i ivica stola ne smeju menjati svoj odnos jer ivica stola zamenjuje fiksnu osovinu karlice. Pri položaju maksimalne ekstenzije unutrašnja rotacija natkolenice je minimalna ili ne postoji.

Spoljašnja rotacija natkolenice (0-45 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret se izvodi u horizontalnoj ravni.

Položaji ispitanika i uglomera isti su kao pri prethodnom merenju, samo što se kod ovog merenja potkolenica okreće unutra (sl. 51. a i b).



a b Slika 50. a i b – Unutrašnja rotacija natkolenice



a b Slika 51. a i b – Spoljašnja rotacija natkolenice



Grupa autora

11601

KOLENO

Zglob kolena povezuje kosti potkolenice sa kostima natkolenice. U ovom zglobu više se pokreti fleksije i ekstenzije spoljašnje i unutrašnje rotacije potkolenice. Pokreti rotacije su ograničeni i mogući su samo u položaju semifleksije zgloba (oko 35 stepeni) ili u tzv. smučarskom položaju.

Fleksija potkolenice može se meriti sa:

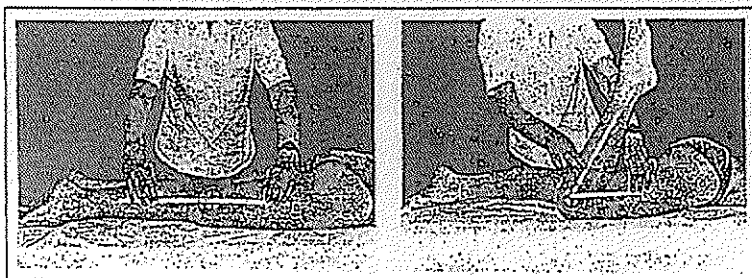
- a) opruženom natkolenicom i
- b) savijenom natkolenicom.

Fleksija potkolenice sa opruženom natkolenicom (0-130 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret se izvodi u sagitalnoj ravni. Ispi-

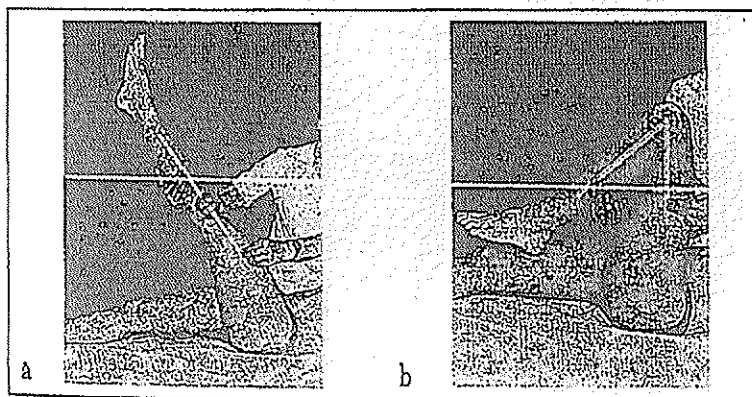
tanik leži na trbuhu sa opruženim nogama (sl. 52. a). Centar uglomera postavlja se sa spoljašnje strane kolena, u visinu zglobne pukotine kolena. Nepokretni krak uglomera prati uzdužnu osovinu natkolenice, a pokretni krak uzdužnu osovinu potkolenice (sl. 52. b).

Fleksija potkolenice sa savijenom natkolenicom (0-135 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret izvodi se u sagitalnoj ravni.

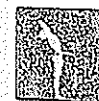
Ispitanik leži na leđima. Noga koja se meri savijena je u zglobu kuka i opružena u zglobu kolena (sl. 53. a). Centar uglomera i kraci postavljaju se kao pri merenju pokreta fleksije sa opruženim kolenom (sl. 53. b).



Slika 52. a i b – Fleksija potkolenice sa opruženom natkolenicom



Slika 53. a i b – Fleksija potkolenice sa savijenom natkolenicom



Praktikum

11611

Nešto veća amplituda pokreta u ovom položaju moguća je zbog olabavljenih pripoja pravog mišića noge (*m. rectus femoris*).

Ekstenzija potkolenice (0-10 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret se izvodi u sagitalnoj ravni, može da se meri sa:

- a) opruženom natkolenicom i
- b) savijenom natkolenicom.

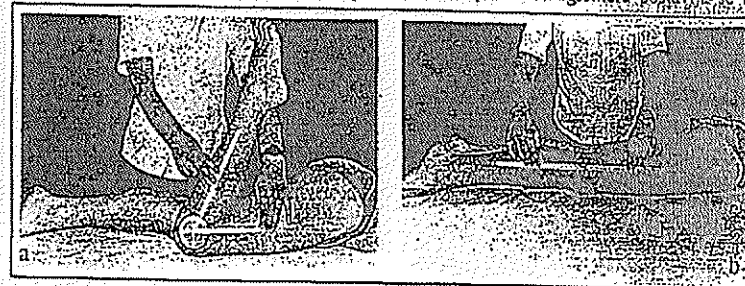
Ekstenzija potkolenice sa opruženom natkolenicom (0 stepeni). Prosečna, normalna pokretljivost je 180 stepeni.

Ispitanik leži na trbuhu sa potkolenicom koja je u fleksiji (sl. 54. a). Centar uglomera po-

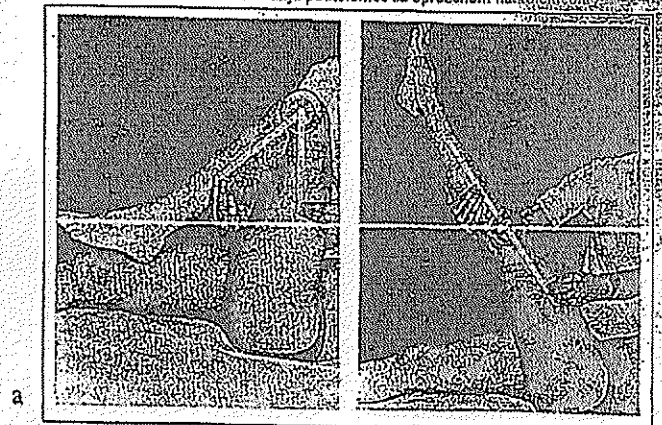
stavlja se sa spoljašnje strane kolena, u nivou zglobne pukotine. Nepokretni krak uglomera prati uzdužnu osovinu natkolenice, a pokretni krak uzdužnu osovinu potkolenice. Izvodi se pokret ekstenzije potkolenice (sl. 54. b). Kod nekih osoba postoji tzv. hiperekstenzija kolena, koja se smatra fiziološkom do 10 stepeni (*genu recurvatum* ili X – noge).

Ekstenzija potkolenice sa savijenom natkolenicom (0-10 stepeni). Pokret se izvodi u sagitalnoj ravni.

Ispitanik leži na leđima. Noga koja se meri savijena je u zglobu kuka i zglobu kolena (sl. 55. a). Centar uglomera postavlja se na



Slika 54. a i b – Ekstenzija potkolenice sa opruženom natkolenicom



Slika 55. a i b – Ekstenzija potkolenice sa savijenom natkolenicom



Grupa autora
/ 162 /

spoljašnju stranu kolena, u visini zglobne pukotine. Nepokretni krak prati uzdužnu osovinu natkolenice, a pokretni uzdužnu osovinu potkolenice. Izvodi se pokret ekstenzije kolena uz fleksiju u zglobu kuka (sl. 55. b).

STOPALO

Pokreti u skočnom (talokruralnom) zglobu, koji se izvode iz osnovnog položaja u kome se stopalo nalazi pod uglom od 90 stepeni prema potkolenici, su fleksija (ili plantarna fleksija) i ekstenzija (ili dorzifleksija).

Pokreti u donjem skočnom (subtalarnom) zglobu stopala su adukcije (ili inverzije) i abdukcije (ili everzije).

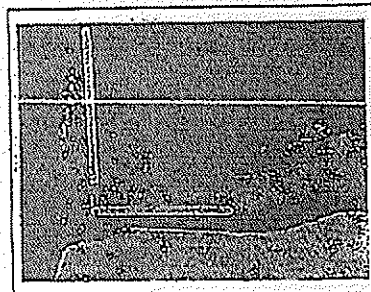
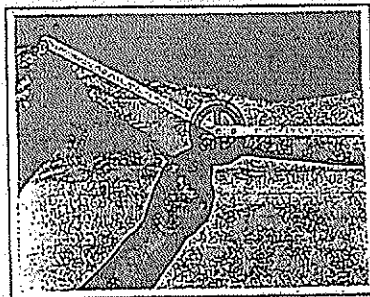
Fleksija stopala ili plantarna fleksija (0-45, 50 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret izvodi se u sagitalnoj ravni.

Ispitanik sedi ili leži sa opruženim nogama (sl. 56. a). Centar uglomera postavlja se na spoljašnju stranu skočnog zgloba, iza i ispod spoljašnjeg članka. Nepokretni krak uglomera prati uzdužnu osovinu potkolenice, a pokretni je paralelan sa spoljašnjom ivicom stopala (sl. 56. b). Početni ili nulti ugao je 90 stepeni. Pri pokretu dorzalne fleksije ovaj ugao se smanjuje za oko 30 stepeni. Konačan ugao dorzalne fleksije je 60 stepeni.

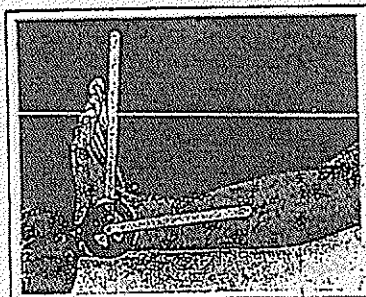
Ekstenzija stopala ili dorzifleksija (0-20 stepeni) meri se uglomerom. Ovaj pokret se izvodi u sagitalnoj ravni.

Ispitanik leži na leđima sa savijenim stopalom prema potkolenici, pod uglom od 90 stepeni (sl. 56. a). Centar uglomera i njegovi kraći postavljaju se kao i kod prethodnog merenja – merenja pokreta plantarne fleksije.

Izvodi se pokret dorzalne fleksije, pri čemu potkolenica i natkolenica ne menjaju svoj položaj (sl. 57).



Slika 56. u i b – Fleksija stopala (plantarna fleksija)



Slika 57. – Ekstenzija stopala

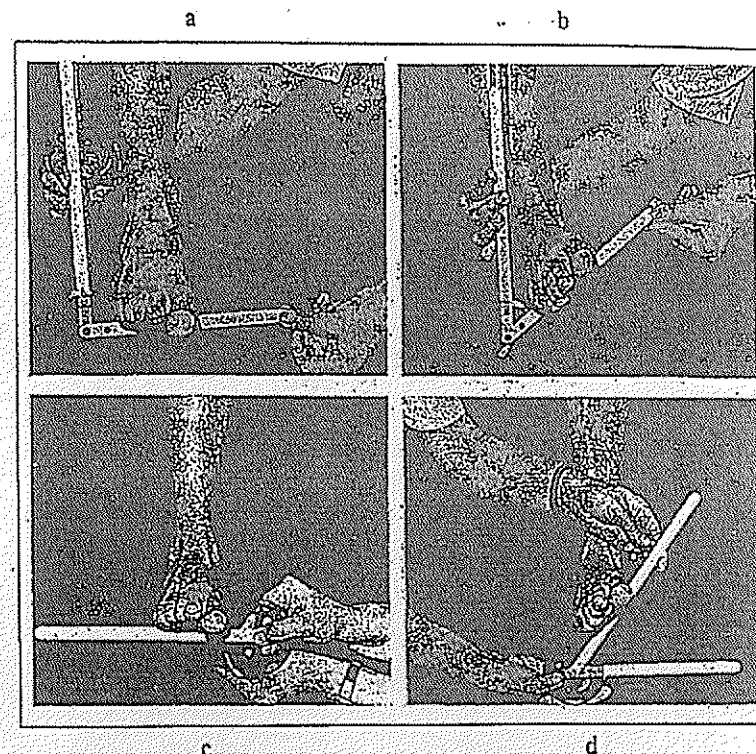


Praktikum
/ 163 /

Adukcija stopala ili inverzija stopala (0-30, 40 stepeni) meri se uglomerom. Ispitanik leži na leđima. Peta ispitivane i opružene noge nalazi se u uglu stola, na mestu gde se seku poprečna i uzdužna ivica stola. Centar uglomera stavlja se van stola. Nepokretni krak uglomera

je paralelan sa uzdužnom ivicom stola, a pokretni krak ide linijom koja spaja glavicu metatarzalnih kostiju sa donje strane stopala (sl. 58. a-c).

Izvodi se pokret adukcije stopala (sl. 58. b-d). Početni ugao je 0 stepeni.



Slika 58. a-c i b-d – Adukcija stopala (inverzija stopala)



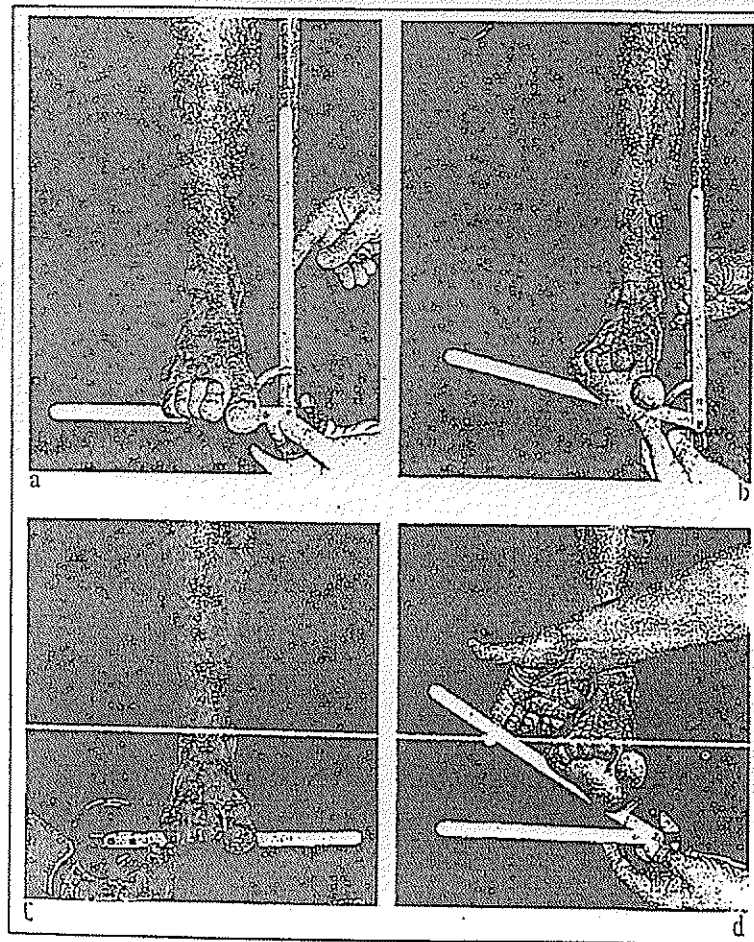
Grupa autora

/ 164 /

Abdukcija stopala ili everzija stopala (0–20 stepeni) meri se uglomerom.

Početni položaj ispitanika, postavljanje centra uglomera, pokretnog i nepokretnog kraka istovetno je kao i kod prethodnog merenja.

Izvodi se pokret abdukcije stopala. Početni ugao je 0 stepeni (sl. 59. a-c i b-d).



Slika 59. a-c i b-d – Abdukcija stopala (everzija stopala)

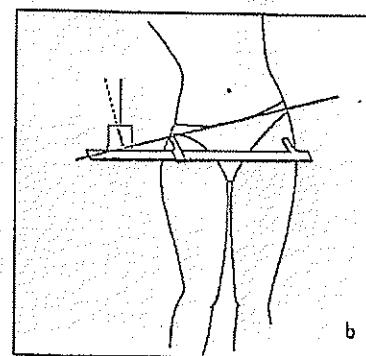
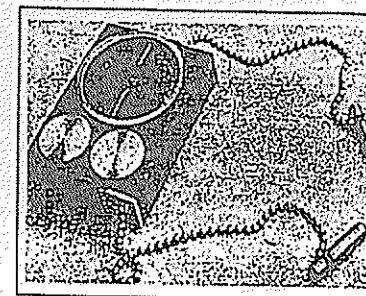


Praktikum

/ 165 /

Merenje simetričnih tačaka.

Na telu se i sa prednje i sa zadnje strane zapažaju „simetrične tačke“, predstavljene koštanim ispupčenjima. Ove tačke mogu menjati svoj položaj i time ukazuju na odgovarajući nedostatak i određena patološka stanja osobe. Simetrične tačke su međusobno povezane zamišljenim linijama. Merenje simetričnih tačaka izvodi se dvokrakim viskom. Dvokraki visak čini kućište na čijim krajevima vise dva lančića iste dužine (sl. 60. a). Ukoliko su slobodni krajevi lančića (tj. viska) različito postavljeni, poluga (tj. kućište) zauzima kosi položaj.



Slika 60. – Merenje simetričnih tačaka:
a – dvokraki visak, b – način merenja simetričnih tačaka

žaj. Za direktno merenje može se koristiti i lenjir na koji se osloni uglomer (sl. 60. b).

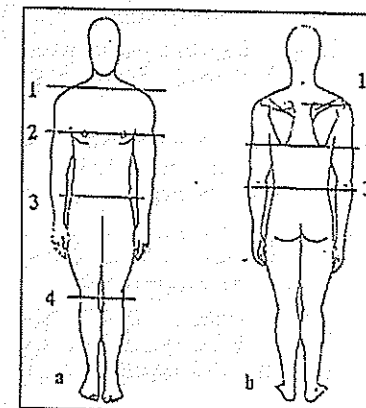
Sa prednje strane tela mere se stalne simetrične tačke, koje daju sledeća koštana ispupčenja (sl. 61. a):

- sa prednje strane ramena,
- vrhovi natplečka,
- na karlici, prednje gomje bedrene bodlje (SIAS).

Zamišljene linije prednje strane tela koje spajaju odgovarajuće simetrične tačke su:

- linija koja povezuje obe ključne kosti,
- linija koja povezuje bradavice,
- linija koja povezuje obe spine na karlici (bispinalna linija),
- linija koja spaja oba kolena.

Sa zadnje strane tela mere se stalne i karakteristične orijentacione tačke (sl. 61. b), kao što su:



Slika 61. – Simetrične tačke:

- a) prednja strana tela: 1 – linija koja povezuje ključne kosti, 2 – linija koja povezuje bradavice, 3 – bispinalna linija, 4 – linija koja spaja kolena;
b) zadnja strana tela: 1 – rtni nastavak 7. vratnog pršljenja, 2 – rtni nastavak 7. grudnog pršljenja, 3 – bilijana linija



Grupa autora
11661

– rtni nastavak sedmog vratnog pršljenja (C7),

– horizontalna linija koja povezuje donje uglove lopatica prelazi preko rtnog nastavka sedmog grudnog pršljenja (Th 7),

– horizontalna bilijana linija koja spaja najviše tačke ilijakašnog grebena (*crista iliaca*).

Asimetrija karlice meri se centimetarskom pantljkicom u okviru merenja donjih ekstremiteta ili, ređe, gravitacionim uglomerom.

Merenje fizioloških i patoloških krivina kičmenog stuba

Kičmeni stub odraslog čoveka nije ravan. Zbog različite debljine intervertebralne hrskavice i različite visine pršljenskih tela, kičma je savijena i pokazuje tzv. fiziološke krivine.

Fiziološke krivine kičmenog stuba, posmatrane u sagitalnoj ravni, predstavljene su (sl. 62. a):

1) *vratnom lordozom* – izbočinom vrata kičme sa konveksitetom napred, čija je vrednost 36 stepeni mereno rendgenološki;

2) *grudnom kifozom* – izbočinom grudne kičme sa konveksitetom unazad, čija je vrednost 35 stepeni rendgenološkog merenja;

3) *lumbalnom lordozom* – izbočinom slabinske kičme sa konveksitetom napred, čija vrednost, takođe merena rendgenološki, iznosi 50 stepeni.

Navedene krivine su *kompensatorne krivine* nastale zbog uspravnog stava čoveka. Istovremeno je kičmeni stub odraslog čoveka malo savijen udesno, i to naročito u grudnom delu, gde se govori o *fiziološkoj dekstraskoliozi*.

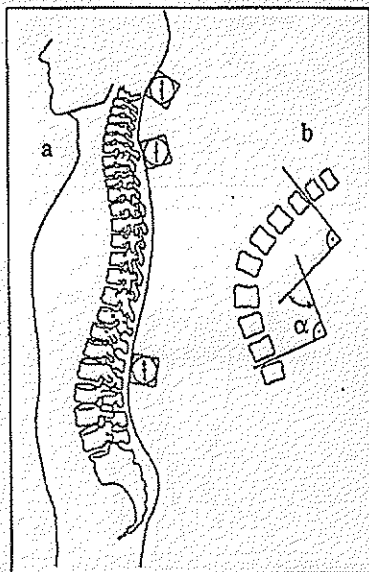
Merenje fizioloških krivina izvodi se gravitacionim uglomerom (sl. 62. b), postavljajući u lumbalnom području (u predelu L1-2),

u predelu baze vrata, ispod i iznad C7, i u području okcipitalne kosti, na potiljak.

Za merenje *patoloških krivina* neophodan je A-P radiogram (ili profilni Rtg snimak) cele kičme u stojećem stavu. Rade se i radiografije A-P u ležećem položaju, što omogućava reduktivnost. Radiološko merenje ugla krivine kičme ili skolioze, koja predstavlja bočno iskrivljenje kičmenog stuba, omogućava određivanje stepena iskrivljenosti, njenog razvoja ili rezultata lečenja.

Postoje dva osnovna načina merenja veličine (stepena) krivine skolioze prema autorima, i to po Cobbu i Fergussonu.

Jednostavnija i prihvaćenija je metoda po Cobbu. Snimak u stojećem stavu treba da



Slika 62. – a) Fiziološke krivine kičmenog stuba merene gravitacionim uglomerom, b) Cobbav metod merenja patoloških krivina, α – ugao devijacije



Praktikum
11671

obuhvati vratnu kičmu i sve do krila ilijakašnih kostiju. Cobbova metoda merenja sastoji se u određivanju krajnjih, graničnih pršljenova (gornjeg i donjeg) koji su obuhvaćeni patološkom krivinom. Gornji granični pršljen je onaj pršljen čija je gornja ivica najviše nagnuta prema horizontali. Po toj ivici se lenjirrom povuče prava linija. Donji granični pršljen je onaj čija je donja ivica najviše nagnuta prema horizontali i po njoj se takođe povuče linija. Vertikalne linije povučene na svaku od horizontal-

nih linija seku se i daju ugao. Dobljeni ugao predstavlja ugao krivine ili devijacije koji se za tim meri uglomerom.

Razlika u merenju klasičnim i gravitacionim uglomerom. – Aplikacija klasičnog uglomera je relativno jednostavna, kao i aplikacija gravitacionog uglomera. Nezavisno od vrste uglomera, moraju se primeniti osnovni principi koji važe za jedan ili drugi tip uglomera, a bilo koje odstupanje od tih principa dovodi do greške u merenju.



Merenje mišićne snage

Manuelna metoda testiranja mišića ili mišićni test je metoda procene (ili evaluacije) snage mišića, koja omogućava procenu njihovog stanja.

Pri izvođenju manualnog mišićnog testa treba obratiti pažnju na nekoliko uslova ili momenta bitnih za uspešnost samog testa:

1) ispitivanje mišićne snage treba izvoditi u toplim prostorijama jer ispitanik mora biti oslobođen viška odeće;

2) pri testiranju ispitanik mora zauzeti pravilan položaj da bi mogao izvršiti pokret protiv dejstva Zemljine težine;

3) ispitaniku mora biti jasan pokret koji treba da izvede;

4) ispitanik mora biti odmoran, a posle testa svakog većeg mišića treba načiniti pauzu;

5) ispitivač treba da načini plan izvođenja testiranja, tako da ispitanik ne mora često da menja položaj;

6) pokret koji se izvodi treba da izvedu mišići koji se žele testirati. Treba voditi računa da ne dade do angažovanja pomoćnih mišića ili trik-pokreta;

7) ispitivanje mišićne snage ocenjuje se ocenama od 0 do 5;

8) kod ispitivanja za ocenu 2 površina po kojoj deo tela treba da klizi mora da bude glatka, a deo tela suv.

Manuelni mišićni test po pravilu započinje ocenom 3, jer posle provere 50% snage i sticanja uslova o funkcionalnom stanju mišića mišićni test se nastavlja sa manje ili više opterećenja, odnosno rasterećenja.

Ocenom 3 (ili 50% snage) ocenjuje se mišić ukoliko je u stanju da savlada težinu sopstvenog segmenta, tj. da se suprotstavi sili Zemljine težine, kroz puni obim pokreta. Ukoliko se pokret izvede sa lakoćom, mišić se ocenjuje sa +3, a ako se javi zamor ili se pokret izvede sa naporom, mišić se ocenjuje ocenom -3.

Ocenom 4 (ili 75% snage) ocenjuje se mišić ukoliko može da savlada manji manualni otpor u punom obimu pokreta.

Ocenom 5 (ili 100% snage) ocenjuje se mišić ukoliko savlada jači mišićni otpor.

Ocenom 2 (ili 25% snage) ocenjuje se mišić ukoliko je u stanju da savlada težinu sopstvenog segmenta u horizontalnom, rasterećenom položaju u punom obimu pokreta.

Ocenom 1 (ili 10% snage) ocenjuje se mišić kada nije u stanju da izvede pokret, ali se pri pokušaju izvođenja pokreta može videti ili pipanjem osetiti kontrakcija.

Ocenom 0 ocenjuje se mišić kada se pri pokušaju pokreta ne mogu ni golim okom zapaziti, ni pipanjem osetiti tragovi kontrakcije.

Testiranje mišića glave i vrata

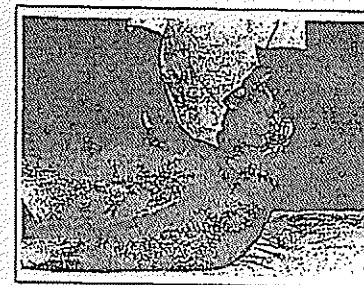
FLEKSIJA GLAVE

Agens: m. sternocleidomastoideus

Za ocenu 3. – Ispitanik leži na leđima. Glava je na podlozi u srednjem položaju. Ispitivač



Praktikum
11691



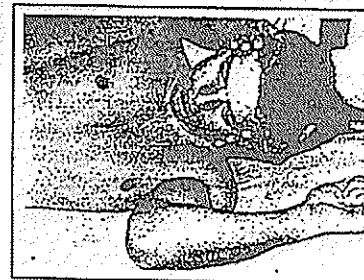
a

Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik zauzima isti položaj kao za ocenu 3. Za vreme pokreta fleksije glave savladuje slabiji ili jači otpor koji se primenjuje od strane ispitivača u predelu čela, a u smeru ekstenzije (sl. 63. b).

b

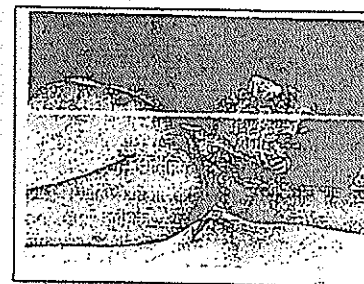


c



Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik leži na leđima, sa glavom u srednjem položaju sa fiksnim ramenima. Ocenu 1 dobija mišić ako se oseti ili vidi njegovo zatezanje, a ocenu 0 ako nema tragova njegove kontrakcije (sl. 63. d).

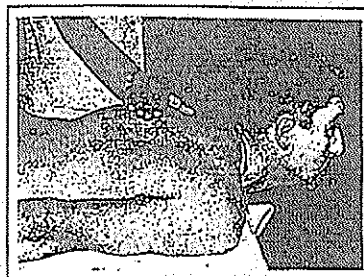
d



Slika 63. a, b, c, d – Testiranje mišića glave – fleksija glave



Grupa autora
1701



a

Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik zauzima isti položaj kao i za ocenu 3, ali savladava slabiji ili jači otpor koji se primenjuje u predelu potiljka u smeru fleksije (sl. 64. b).



c

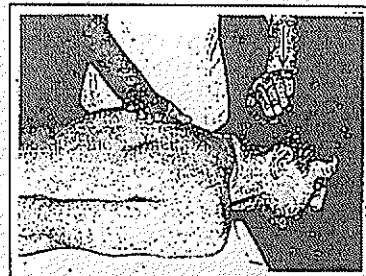
Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik leži na trbuhu. Ramena su na stolu, a glava i vrat vise preko ivice stola. Ispitivač jednom rukom podržava glavu a drugom rukom palpira mišić na zadnjoj strani vrata. Ukoliko nema tragova kontrakcije mišića, mišić se ocenjuje ocenom 0 (sl. 64. d).

EKSTENZIJA GLAVE

Agonisti: *m. trapezius*

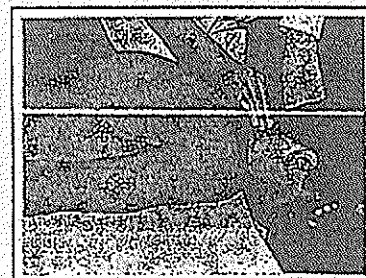
Za ocenu 3. – Ispitanik leži na trbuhu, sa ramenima na stolu, a glava i vrat vise preko ivice stola. Ramena se fiksiraju. Ispitanik izvodi pokret ekstenzije antigravitaciono u punom obimu (sl. 64. a).

b



d

Za ocenu 2. – Ispitanik leži na boku. Glava ispitanika leži na rukama ispitivača ili u suspenzionoj napravi. Ispitanik izvodi pun obim ekstenzije glave i vrata u rasterećenom položaju (sl. 64. c).



Slika 64. a,b,c,d – Testiranje mišića glave – ekstenzija glave



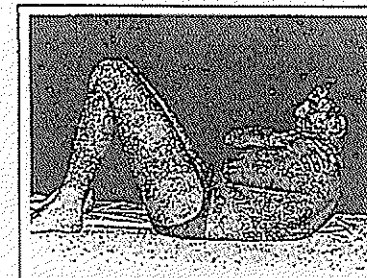
Praktikum
1711

Testiranje mišića trupa (fleksori)

FLEKSIJA TRUPA

Agonisti: *m. rectus abdominis*

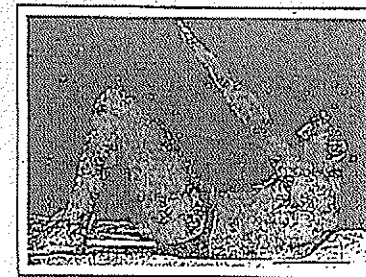
Za ocenu 3. – Ispitanik leži na leđima sa opruženim ili savijenim nogama i rukama opruženim niz telo. Podiže glavu, ramena i gornje ivice lopatice do ugla od 45 stepeni. Ispitivač pri ovom pokretu fiksira potkolenice (sl. 65. a).



b

Za ocenu 5. – Isti je položaj i postupak kao i za prethodno opisanu ocenu, samo što su ruke ukrštene iza glave sa šakama na potiljku (sl. 65. c).

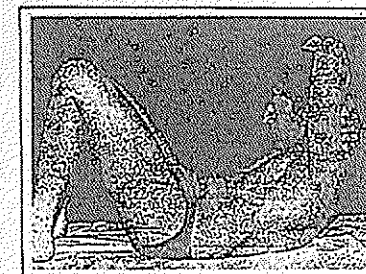
d



a

Za ocenu 4. – Ispitanik leži na leđima, ali sa savijenim potkolenicama i nakolenicama. Ruke su prekrštene na grudnom košu. Iz tog položaja izvodi antigravitacioni pokret fleksije trupa u punom obimu pokreta. Ispitanik se oslanja o podlogu karlicom i slabinskim delom trupa (sl. 65. b).

c



Za ocenu 2. – Ispitanik leži sa opruženim nogama i rukama pored tela (u položaju kao za ocenu 3) i treba da izvede delimičan pokret fleksije trupa, tj. da odigne lopatice od podloge. Ili, ispitanik leži na boku, trup je ekstenziran. Ispitivač jednom rukom podiže donje rame ispitanika, a drugom rukom podržava trup. Ispitanik pokušava da izvrši pokret fleksije (sl. 65. d).

Slika 65. a,b,c,d – Testiranje mišića trupa – fleksija trupa



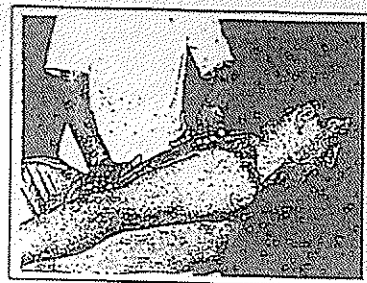
Grupa autora

11721

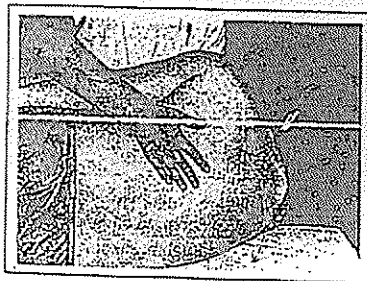
Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik je u istom položaju. Pri pokušaju izvođenja pokreta pipa se mišić – agonist. Ako nije moguće izvesti pokret, ispitivač zahteva od ispitanika da se nakalji, duboko udahne ili nasmeje. Tom prilikom se vrši palpacija. Ako nema kontrakcije mišića, ocenjuje se ocenom 0.

Testiranje mišića trupa (ekstenzori)

EKSTENZIJA TRUPA
Agonisti: *m. erector spinae*

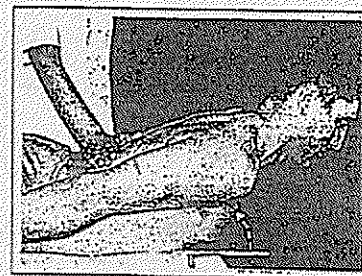


Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik je u istom položaju, ali sada savladava slabiji ili jači otpor. Ispitivač pruža otpor pritiskom ruke iznad lopatica u suprotnom smeru (sl. 66. b).



Za ocenu 2. – Ispitanik leži na boku, trup je flektiran. Ispitivač jednom rukom podiže donje rame ispitanika, a drugom rukom pridržava trup. Ispitanik pokušava da izvrši pokret opružanja – ekstenzije (sl. 66. c).

Slika 66. a,b,c – Testiranje mišića trupa – ekstenzija trupa

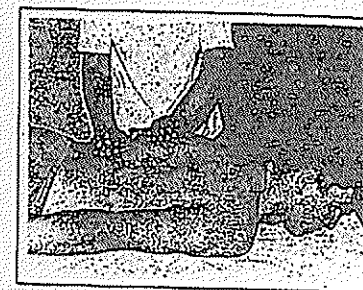


Za ocenu 3. – Ispitanik leži na trbuhu. Gornji deo trupa je postavljen preko ivice stola. Ispitivač fiksira karlicu. Ispitanik izvodi antigravitacionu ekstenziju trupa u punom obimu (sl. 66. a).



Praktikum

11731

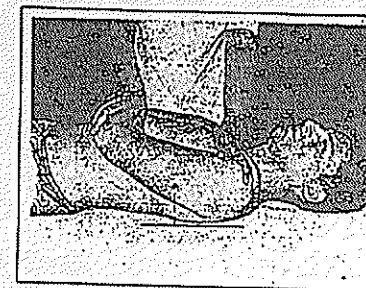


Slika 66. d – Testiranje mišića trupa – ekstenzija trupa

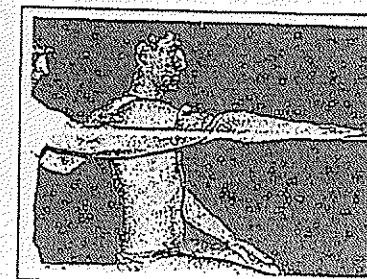
Za ocenu 1. – Ispitanik leži na trbuhu. Glava mu je oslonjena na sto. Ispitivač palpira kontrakciju paravertebralnih mišića. Ako nema tragova kontrakcije, ocena mišića je 0 (sl. 66. d).

Testiranje mišića ramenog pojasa

FLEKSIJA NADLAKTA
Agonisti: *m. deltoides (pars clavicularis)*,
m. coracobrachialis



Za ocenu 3. – Ispitanik leži na leđima. Nadlakt ruke koja se ispituje rotirana je unutra, sa savijenim laktom, a podlakt je preko grudnog koša. Rame je fiksirano. Ispitanik izvodi pokret fleksije (pokret naviše) antigravitaciono u punom obimu (sl. 67. a).

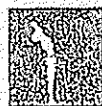


Ili: Ispitanik sedi, rameni zglobovi su fiksirani, a nadlakt je u adukciji. Ispitanik izvodi pokret antefleksije antigravitaciono u punom obimu.

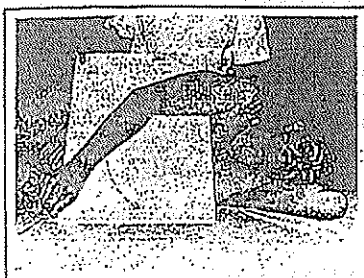
Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik leži na leđima. Mišićni test se izvodi kao za ocenu 3, dok ispitivač pruža slabiji ili jači otpor u predelu laktusa i u pravcu stola.

Ili: Ispitanik je u položaju kao za ocenu 3 dok ispitivač pruža otpor u smeru ekstenzije (sl. 67. b).

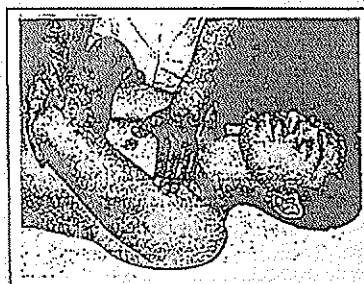
Slika 67. a,b – Testiranje mišića ramenog pojasa – fleksija nadlaktusa



Grupa autora
11741

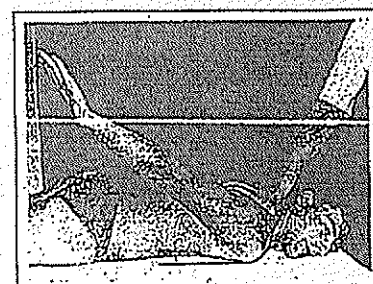


Za ocenu 2. – Ispitanik leži na boku suprotno od ruke koja se testira. Ruka koja se testira je na suspenzionoj dasci. Ispitanik savija nadlaktak do ugla od 90 stepeni tako što povlači ruku po glatkoj površini daske (sl. 67. c).



Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik je u istom položaju kao za ocenu 3. Pri pokušaju da izvede pokret savijanja nadlaktka ispitivač mu palpira prednji snop deltastog mišića na prednjoj strani ramena, u predelu spoljašnjeg okrajka klavikule (sl. 67. d).

Slika 67. c,d – Testiranje mišića ramenog pojasa – fleksija nadlaktka



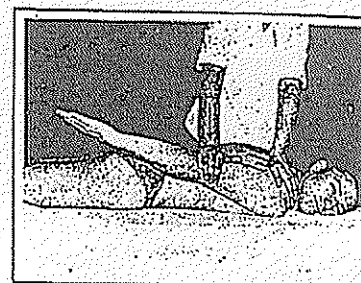
EKSTENZIJA NADLAKTA
Agonisti: *m. deltoidaeus – pars spinala*

Za ocenu 3. – Ispitanik leži na trbuhu. Rame je fiksirano. Ispitanik izvodi pokret ekstenzije, antigravitaciono u punom obimu (sl. 68. a).

Slika 68. a – Testiranje mišića ramenog pojasa – ekstenzija nadlaktka



Praktikum
11751

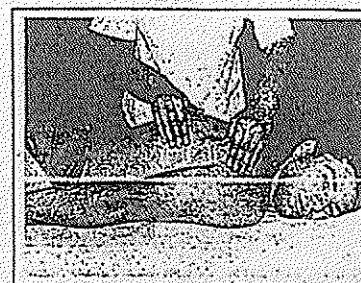


Za ocenu 4 i 5. – Položaj ispitanika je istovetan kao za ocenu 3, ali savlađuje slabiji ili jači otpor koji ispitivač primenjuje nešto iznad laktia u smeru fleksije (sl. 68. b).



Za ocenu 2. – Ispitanik leži na suprotnom boku od ruke koja se testira. Gornji ekstremitet je položen na suspenzionu dasku u položaju između fleksije i ekstenzije. Ispitanik u punom obimu izvodi pokret ekstenzije u rasterećenom položaju.

Ili: ispitanik postavlja ruku koja se testira na sto. Nadlaktak je u abdukciji od 90 stepeni. Ispitivač fiksira lopalicu, a ispitanik vrši pokret ekstenzije nadlaktka klizeći po stolu; tj. u rasterećenom položaju (sl. 68. c).



Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik leži na trbuhu. Ispitivač palpira mišić sa zadnje, ledne strane ramenog zgloba (sl. 68. d).

Slika 68. b,c,d – Testiranje mišića ramenog pojasa – ekstenzija nadlaktka

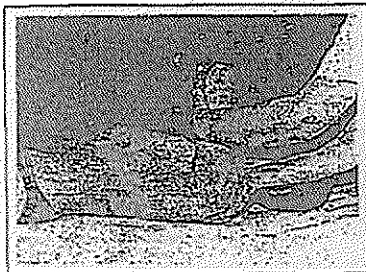


Grupa autora

/176/

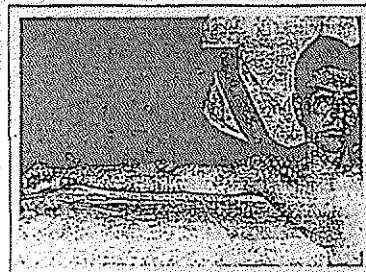
ADUKCIJA NADLAKTICE

Agonisti: *m. pectoralis major*



Za ocenu 3. – Ispitanik leži na leđima. Nadlaktak je u abdukciji od 90 stepeni, a podlaktak je savijen. Ispitivač fiksira rame. Ispitanik izvodi pokret horizontalne adukcije antigravitaciono u punom obimu (sl. 69. a).

Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik zauzima isti položaj kao prethodno opisani, za ocenu 3, ali savladava slabiji ili jači otpor koji se primenjuje iznad lakta u smeru horizontalne abdukcije.



Za ocenu 2. – Ispitanik sedi pored stola koji mu dopire do pazušne jame. Ruka je u abdukciji od 90 stepeni i sa opruženim laktom. Pokret horizontalne adukcije izvodi se u rasterećenom položaju (sl. 69. b).



Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik je u istom položaju kao za ocenu 2. Palpiraju se pripoji velikog grudnog mišića na prednjoj strani grudnog koša i ispred pazušne jame pri pokušaju izvođenja pokreta. Ako nema traga kontrakcije, ocena je 0 (sl. 69. c).

Slika 69. a,b,c – Testiranje mišića ramenog pojasa – adukcija nadlaktice



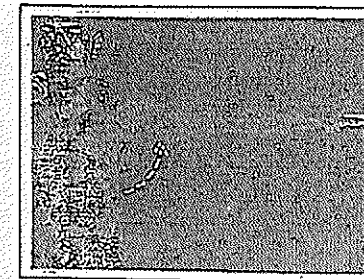
Praktikum

/177/

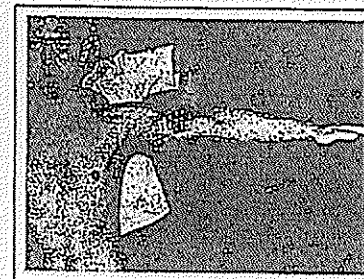
ADUKCIJA NADLAKTA

Agonisti: *m. deltoides (pars acromialis)*

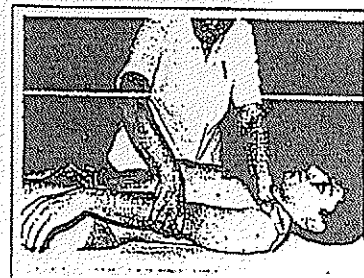
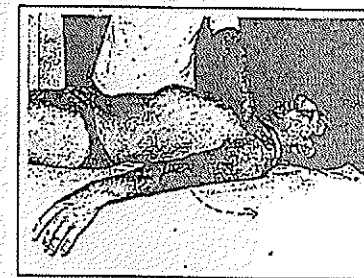
Za ocenu 3. – Ispitanik je u sedećem položaju. Ramena su fiksirana. Ruka je pored tela. Ispitanik izvodi pokret abdukcije antigravitaciono u punom obimu (sl. 70. a).



Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik je u istom položaju. Savladuje slabiji ili jači otpor koji se pruža u predelu donje četvrtine nadlaktice u smeru adukcije (sl. 70. b).

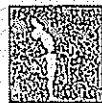


Za ocenu 2. – Ispitanik leži na leđima sa rukom pored tela. Ispitanik izvodi pokret abdukcije po podlozi u rasterećenom položaju (sl. 70. c).

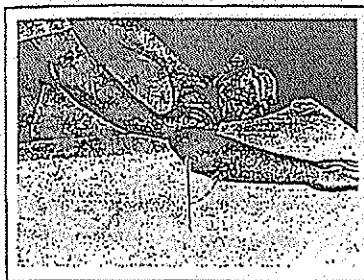


Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik leži na leđima. Pri pokušaju pokreta ispitivač palpira mišić na spoljašnjoj strani gornje trećine nadlaktice. Ako nema kontrakcije, ocena je 0 (sl. 70. d).

Slika 70. a,b,c,d – Testiranje mišića ramenog pojasa – abdukcija nadlaktice



Grupa autora
11781



a

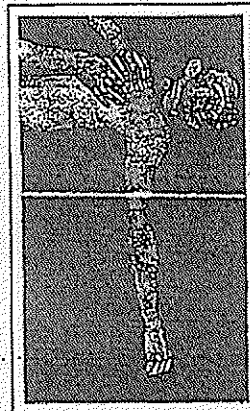
Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik je u istom položaju kao za ocenu 3, ali savladava manji ili veći otpor, koji ispitivač primenjuje iznad ručnog zgloba u smeru unutrašnje rotacije (sl. 71. b).



c

Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik je u istom položaju kao za ocenu 2, ali se pri pokušaju izvođenja pokreta palpira zadnja ivica pazušne jame, što odgovara podgrebenom mišiću. Ako nema kontrakcije mišića, ocena je 0 (sl. 71. d).

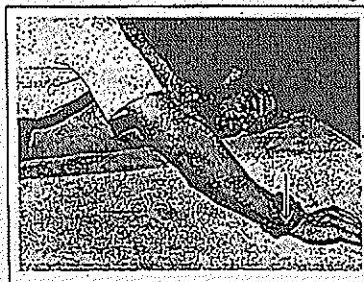
d



– SPOLJAŠNJA ROTACIJA NADLAKTA Agonisti: *m. infraspinatus*, *m. teres minor*

Za ocenu 3. – Ispitanik leži na trbuhu. Nadlaktak je na podlozi u položaju abdukcije pod uglom od 90 stepeni, a podlaktica visi preko ivice stola u položaju pronacije. Ispitivač jednom rukom fiksira ruku iznad lakta, a ispitanik izvodi pokret spoljašnje rotacije antigravitaciono u punom obimu, tako da podiže podlaktak prema glavi do horizontalne (sl. 71. a).

b



Za ocenu 2. – Ispitanik je u istom položaju ali je rame nad ivicom stola tako da cela ruka visi. Nadlaktica je u srednjem položaju između unutrašnje i spoljašnje rotacije. Ispitivač izvodi pokret spoljašnje rotacije u rasterećenom položaju (sl. 71. c).

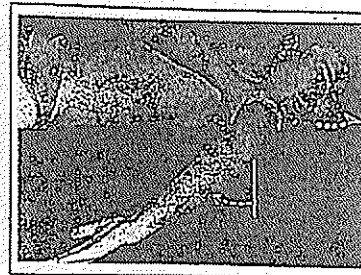


Praktikum
11791

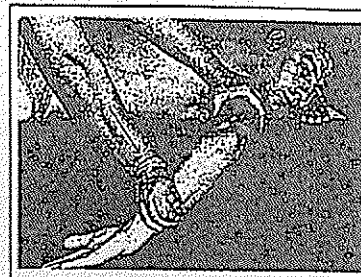
UNUTRAŠNJA ROTACIJA NADLAKTA Agonisti: *m. subscapularis*, *m. teres major*

Za ocenu 3. – Ispitanik leži na trbuhu. Nadlaktak je abduciran do 90 stepeni i leži na podlozi, a podlaktak visi savijen preko ivice stola. Rame je fiksirano. Ispitanik izvodi pokret unutrašnje rotacije antigravitaciono u punom obimu, tako da se šaka diže do horizontalne (sl. 72. a).

a



b



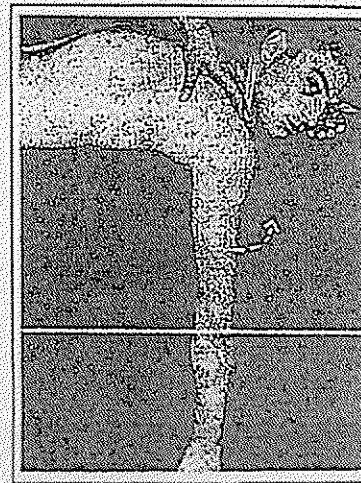
Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik je u istom položaju kao za ocenu 3, ali savladuje manji ili veći otpor koji se primenjuje iznad ručnog zgloba u smeru spoljašnje rotacije. Ispitivač jednom rukom fiksira ispitanikov nadlaktak, a drugom prišuska ručni zglob (sl. 72. b).

Za ocenu 2. – Ispitanik leži na trbuhu. Cela ruka visi preko podloge. Lakat je opružen. Rame je fiksirano. Ispitanik izvodi pokret unutrašnje rotacije u rasterećenom položaju. Treba obratiti pažnju da se rotira nadlaktica a ne podlaktica (sl. 72. c).

Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik je u istom položaju kao za ocenu 2. Pri pokušaju izvođenja pokreta palpira se *m. teres major* duž donje polovine spoljašnje ivice lopatice, sa zadnje strane ramena.

Ako nema tragova kontrakcije, mišić se ocenjuje nulom.

c

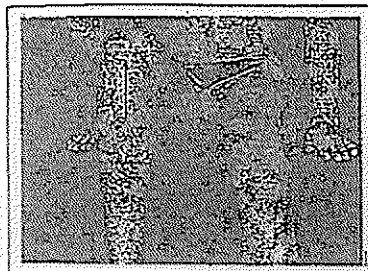


Slika 71. a,b,c,d – Testiranje mišića ramenog pojasa – spoljašnja rotacija nadlaktak

Slika 72. a,b,c – Testiranje mišića ramenog pojasa – unutrašnja rotacija nadlaktak

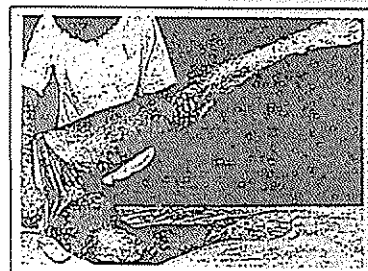


Grupa autora
/ 180 /



a

Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik je u već, opisanim položaju, ali savladava manji ili veći otpor na natkoljenici, neposredno iznad kolena (sl. 73. b).



c

Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik leži na leđima. Ispitivač pridrži natkoljenicu u blagoj fleksiji. Pri pokušaju pokreta fleksije palpira se donji pripoj *m. iliopsoasa*, tj. u gornjem delu prednje strane buta. Ako nema tragova kontrakcije, mišić se ocenjuje ocenom 0 (sl. 73. d).

Testiranje mišića noge (fleksori)

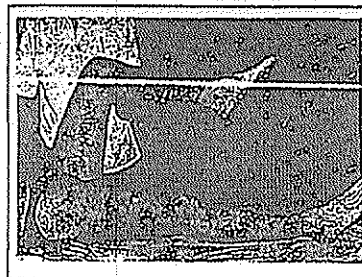
FLEKSIJA BUTA
Agonisti: *m. iliopsoas*

Za ocenu 3. – Ispitanik sedi. Rokama se pridržiava za podlogu. Karlica je fiksirana. Potkolenice vise preko ivice podloge. Ispitanik savija natkoljenicu u punom anđgravitacionom obimu pokreta (sl. 73. a).



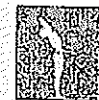
b

Za ocenu 2. – Ispitanik leži na boku noge koja se testira. Ispitivač jednom rukom fiksira karlicu a drugom rukom pridržiava gornju nogu. Ispitanik izvodi pokret savijanja natkolenice po podlozi u rasterećenom položaju (sl. 73. c).



d

Slika 73. a,b,c,d – Testiranje mišića noge – fleksija buta



Praktikum
/ 181 /

FLEKSIJA POTKOLENICE

Agonisti: *m. semimembranosus, m. semitendinosus, m. biceps femoris*

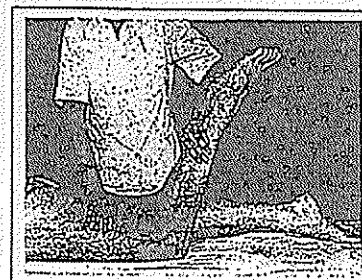
Za ocenu 3. – Ispitanik leži na trbuhu ispruženih nogu. Noga koja se testira je savijena u kolenu oko 45 stepeni, a natkolenica je fiksirana. Potkolenica se savija u punom obimu anđgravitaciono. Ako se izvodi spoljašnja rotacija potkolenice, testira se *m. biceps femoris*, ako se izvodi pokret unutrašnje rotacije potkolenice, testiraju se ostala dva mišića (*m. semimembranosus* i *m. semitendinosus*, sl. 74. a).

a



a

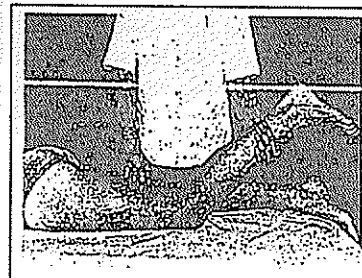
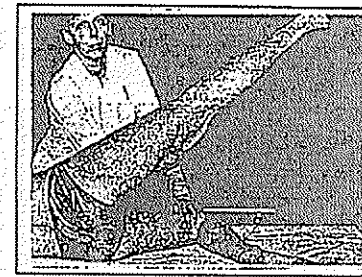
Za ocenu 4 i 5. – Položaj ispitanika je isti kao za ocenu 3, ali pri izvođenju pokreta savladuje manji ili veći otpor koji se primenjuje na zadnjoj strani potkolenice iznad skočnog zgloba (sl. 74. b).



c

Za ocenu 2. – Ispitanik leži na boku noge koja se testira i koja je savijena u kolenu. Ispitivač pridržiava suprotnu nogu i istovremeno fiksira natkolenicu ispitivane noge. Ispitanik vrši pokret savijanja potkolenice u rasterećenom položaju po podlozi (sl. 74. c).

d



Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik leži na trbuhu sa savijenom potkolenicom koju pridržiava ispitivač. Pri pokušaju kontrakcije palpira se tetive mišića sa odgovarajuće strane. Na spoljašnjoj strani zatkolene jame palpira se tetiva *m. biceps femoris* a sa unutrašnje strane jame tetive mišića *semitendinosusa* i *semimembranosusa*. Ukoliko nema tragova kontrakcije, mišići zadnje lože buta dobijaju ocenu 0 (sl. 74. d).

Slika 74. a,b,c,d – Testiranje mišića noge – fleksija potkolenice



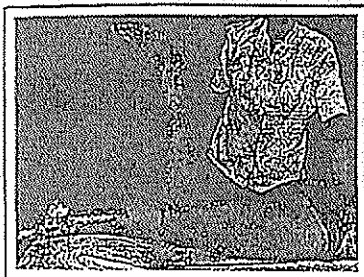
Grupa autora

/ 182 /

EKSTENZIJA BUTA

Agonisti: *m. gluteus maximus*

Za ocenu 3. – Ispitanik leži na trbuhu. Noga koja se ispituje savijena je u kolenu za 90 stepeni. Karlica je fiksirana. Ispitanik odiže nogu od podloga (sl. 75. a).

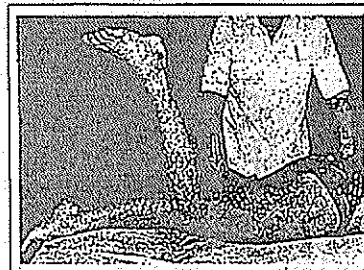


a

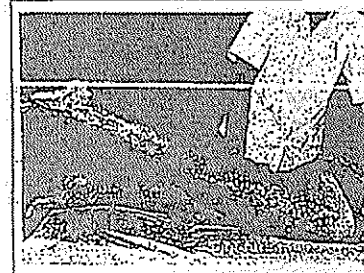
Ako se testiraju svi ekstenzori natkolnice, potkolnica je ispružena. Ispitanik izvodi pokret ekstenzije potkolnice antigravitaciono u punom obimu (sl. 75. b).



b



c



d

Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik zauzima opisani položaj ali savladava slabiji ili jači otpor koji se pruža na zadnjoj strani natkolnice (sl. 75. c i d).

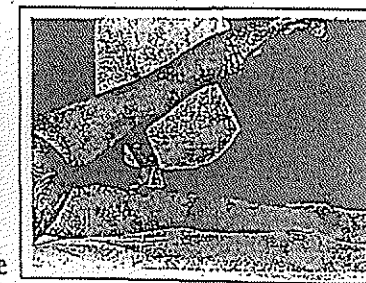
Slika 75. a-c, b-d – Testiranje mišića noge – ekstenzija buta



Praktikum

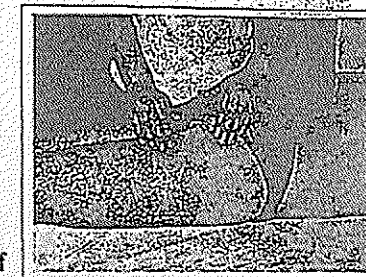
/ 183 /

Za ocenu 2. – Ispitanik leži na boku noge koja se testira, a drugu nogu ispitivač pridržava u položaju abdukcije i istovremeno fiksira karlicu. But koji se testira je u fleksiji. Iz tog položaja Ispitanik vrši pokret ekstenzije u rasterećenom položaju (sl. 75. e).



e

Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik leži na trbuhu sa opuštenim nogama. Pri pokušaju pokreta palpira se mišić i posmatra intraglutalealna brazda. Ako nema tragova kontrakcije, mišić dobija ocenu 0 (sl. 75. f).



f

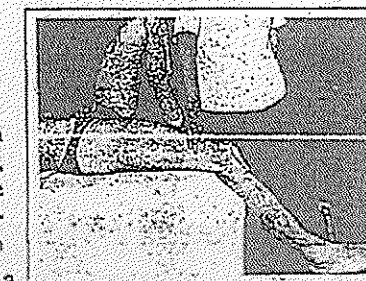
Slika 75. e, f – Testiranje mišića noge – ekstenzija buta

Testiranje mišića noge (ekstenzori)

EKSTENZIJA PODKOLNICE

Agonisti: *m. rectus femoris*, *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *ij. m. quadriceps femoris*

Za ocenu 3. – Ispitanik leži na leđima sa potkolenicom koja visi preko stola, a suprotna, savijena noga je na stolu. Natkolenica testirane noge je fiksirana iznad kolena a zatim se izvodi pokret ekstenzije antigravitaciono u punom obimu (sl. 76. a).



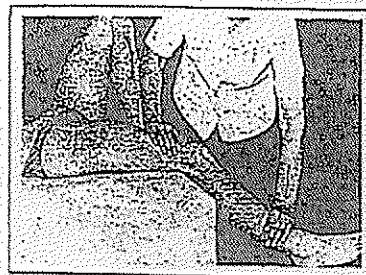
a

Slika 76. a – Testiranje mišića noge – ekstenzija potkolenice



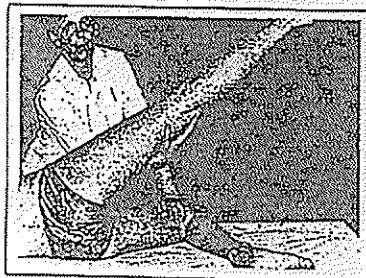
Grupa autora

/ 184 /



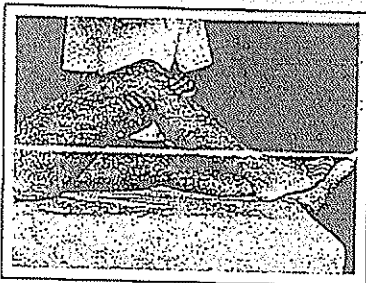
b

Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik je u istom položaju, samo savladuje manji ili veći otpor koji se pruža neposredno iznad stopala u pravcu fleksije (sl. 76. b).



c

Za ocenu 2. – Ispitanik leži na boku noge koja se testira. But je opružen u kuku. Suprotnu nogu ispitivač pridržava i istovremeno fiksira natkolenicu ispitivane noge u predelu kolena. Ispitanik izvodi pokret ekstenzije potkolenice u rasterećenom položaju po podlozi (sl. 76. c).



d

Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik leži na leđima. Potkolenica je blago savijena i pri pokušaju pokreta ili pritiska kolena o podlogu palpira se kontrakcija mišića. Ako se ovo ne primeti, mišić dobija ocenu 0 (sl. 76. d).

Slika 76. b,c,d – Testiranje mišića noge – ekstenzija potkolenice



Praktikum

/ 185 /

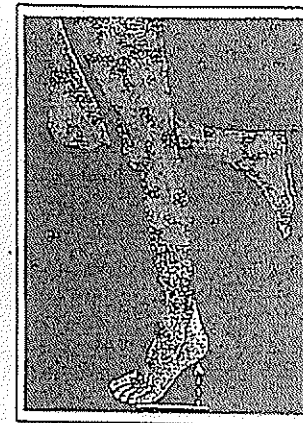
Testiranje mišića stopala

FLEKSIJA STOPALA

Agonista: *m. triceps surae*

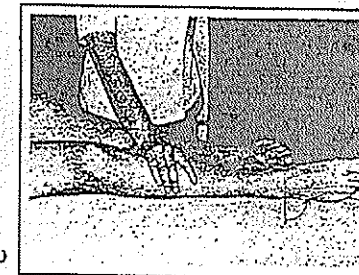
Za ocenu 3. – Ispitanik stoji na nozi koja se testira, a druga noga je podignuta od podloge. Ispitanik se pridržava jednom rukom za ispitivača ili neki oslonac i podiže telo na prste nekoliko puta (oko 3 puta, sl. 77. a).

Za ocenu 4 i 5. – Ako ispitnik može bez zamaranja da izvede navedeni pokret 5 do 6 puta, mišić se ocenjuje ocenom 4 ili 5.



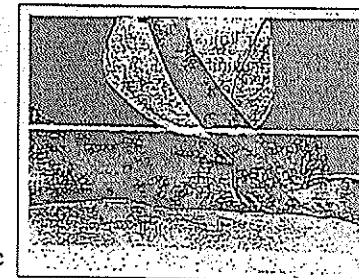
a

Za ocenu 2. – Ispitanik leži na boku ispitivane noge. Spoljašnja ivica stopala leži na podlozi. Fleksija stopala se izvodi u rasterećenom položaju po podlozi (sl. 77. b).



b

Za ocenu 1 i 0. – Ispitanik leži na leđima, a pri pokušaju kontrakcije palpira se mišić ili njegova tetiva iznad petne kosti (sl. 77. c).



c

Slika 77. a, b, c – Testiranje mišića stopala – fleksija stopala

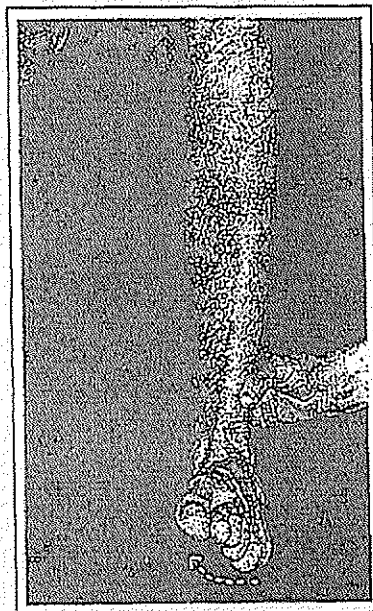


Grupa autora

11861

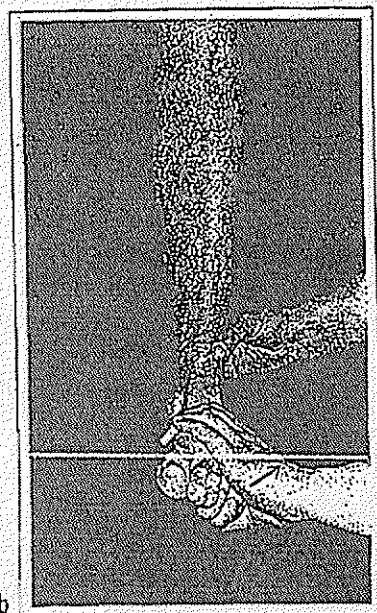
EKSTENZIJA STOPALA

Agonist: *m. fibularis anterior*



a

Za ocenu 3. – Ispitanik sedi na ivici stola sa savijenim potkolenicama. Ispitivač fiksira potkolenicu u predelu skočnog zgloba. Iz tog položaja ispitanik izvodi pokret dorzalne fleksije i inverzije antigravitaciono u punom obimu (sl. 78. a).



b

Za ocenu 4 i 5. – Položaj ispitanika je isti kao za ocenu 3, ali pri pokretu savladava manji ili veći otpor koji se primenjuje u predelu metatarzofalangealnih zglobova u smeru everzije (sl. 78. b).

Slika 78. a,b – Testiranje mišića stopala – ekstenzija stopala

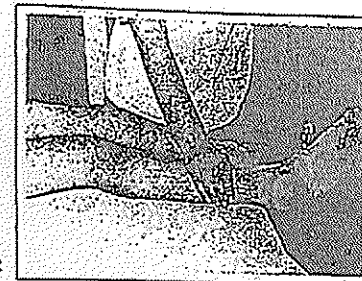


Praktikum

11871

Za ocenu 2. – Ispitanik leži na boku testirane noge. Stopalo je u plantarnoj fleksiji. Ispitivač fiksira potkolenicu. Iz tog položaja ispitanik vrši ekstenziju i inverziju stopala (sl. 78. c).

c



Za ocenu 1 i 0. – Stopalo i potkolenica ispitanika leže na podlozi. Pri pokušaju pokreta palpira se tetiva mišića na prednje-unutrašnjoj strani skočnog zgloba. Ako nema tragova kontrakcije, mišić se ocenjuje ocenom 0 (sl. 78. d).

d



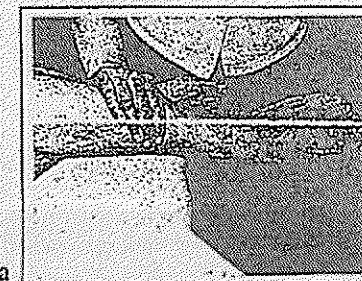
Slika 78. c,d – Testiranje mišića stopala – ekstenzija stopala

EVERZIJA ILI ABDUKCIJA STOPALA

Agonist: *m. peroneus longus i m. peroneus brevis*

Za ocenu 3. – Ispitanik leži tako da potkolenica leži na podlozi na unutrašnjoj strani ili sedi sa savijenom potkolenicom. Stopalo je van podloge u srednjem položaju. Potkolenica je fiksirana iznad skočnog zgloba. Ispitanik izvodi pokret everzije antigravitaciono u punom obimu (sl. 79. a).

a



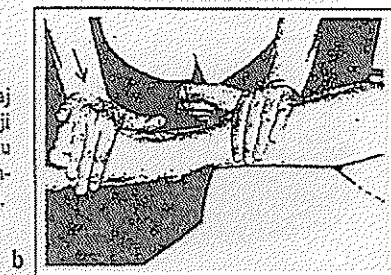
Slika 79. a – Testiranje mišića stopala – everzija stopala



Grupa autora

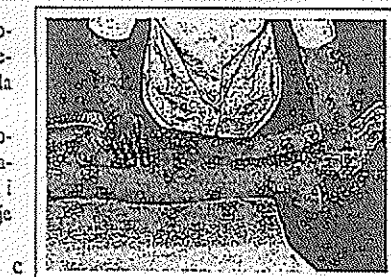
/ 188 /

Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik zauzima položaj koji je prethodno opisan, ali savladava manji ili veći otpor koji se primenjuje u području metakarpofalangealnih zglobova u smeru inverzije i početna plantarna fleksije (sl. 79. b).



Za ocenu 2. – Ispitanik leži na leđima. Stopalo je van podloge. Ispitivač fiksira potkolenicu u gornjem delu dok ispitanik pokušava da izvede delimičan pokret everzije.

Za ocenu 1 i 0. – Položaj ispitanika je istovetan kao za ocenu 2, dok ispitivač vrši palpaciju gornjih tetivnih pripoja evertora stopala i njihovih donjih pripoja, u predelu spoljašnje strane petne kosti (sl. 79. c).

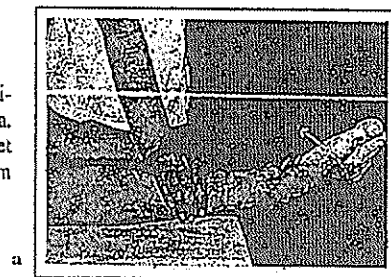


Slika 79. a,b,c – Testiranje mišića stopala – everzija stopala

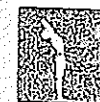
INVERZIJA ILI ADUKCIJA STOPALA

Agonisti: *m. tibialis posterior*

Za ocenu 3. – Ispitanik leži na boku. Ispitivač fiksira potkolenicu iznad skočnog zgloba. Stopalo je van podloge. Ispitanik izvodi pokret inverzije stopala antigravitaciono u punom obimu (sl. 80. a).



Slika 80. a – Testiranje mišića stopala – inverzija stopala

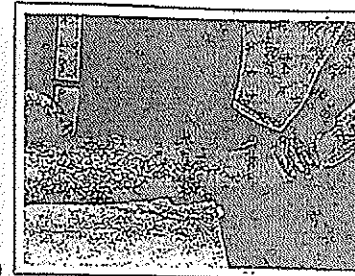


Praktikum

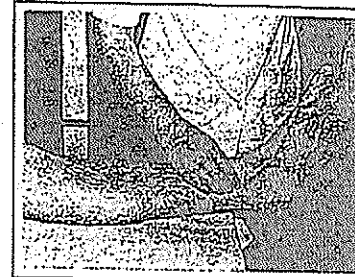
/ 189 /

Za ocenu 4 i 5. – Ispitanik leži u navedenom položaju ali savladuje veći ili manji otpor koji se primenjuje u predelu metakarpofalangealnih zglobova u smeru everzije ili abdukcije stopala (sl. 80. b).

Za ocenu 2. – Ispitanik leži na boku. Stopalo ispitivane noge je u plantarnoj fleksiji. Ispitanik izvodi pokret inverzije u rasterećenom stanju.



Za ocenu 1 i 0. – Položaj potkolenice je isti, ali se sada pri pokušaju kontrakcije palpira tetiva *m. tibialis posterior* iznad unutrašnjeg maleolusa. Ako nema tragova kontrakcije, mišić se ocenjuje ocenom 0 (sl. 80. c).



Slika 80. a,b,c – Testiranje mišića stopala – inverzija stopala

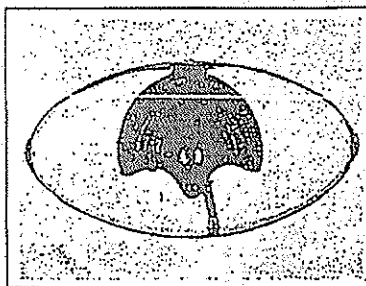


Dinamometrijsko merenje snage mišića

Dinamometrijsko merenje snage mišića predstavlja objektivni postupak procene mišićne sile. Aparatom nazvanim dinamometar (dynamometer – snaga, sila) meri se statička snaga mišića. Statička snaga nekog mišića je maksimalna snaga njegove izometrijske kontrakcije, čija se izmerena vrednost izražava u njutnima (N).

Vrste dinamometara

Postoje dva osnovna tipa ovih aparata: mehanički i električni. Mehanički dinamometri rade na principu opruge, pri čemu se snaga mišića izražava stepenom pomeranja opruge pod pritiskom, odnosno uglom pomeranja pera na skali dinamometra. Snaga se izražava u njutnima, odnosno na starijim tipovima ovih aparata u kilogramima ($1 \text{ kg} = 9,81 \text{ N}$).



Slika 81. – Kolinov dinamometar

Kolinov dinamometar sa perom (sl. 81) sastoji se iz elipsoidnog metalnog rama, na čijem je donjem delu smeštena poluga, povezana sa zupčanicima fiksiranim na skali. Svojim gornjim krajem skala je pričvršćena za elipsoidni metalni ram. Pritisak sa spoljašnje strane elipsoidnog rama prenosi se preko poluge na zupčanike, tj. skalu na kojoj se očitava veličina sile.

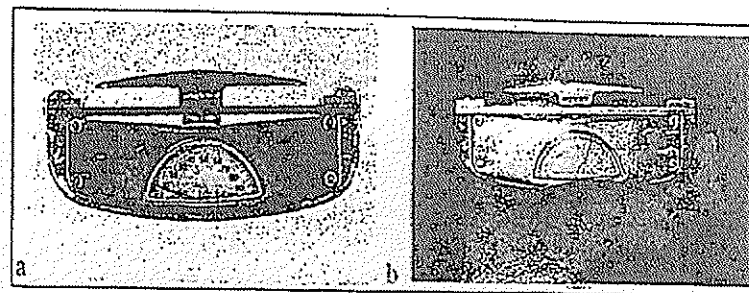
U zavisnosti od proizvođača, mehanički dinamometri mogu biti različitog spoljašnjeg izgleda, ali princip rada je isti, kao što je to slučaj sa hidrauličnim dinamometrom po Zadigu ili dinamometrom po Svantessonu.

Električni dinamometri su analogni instrumenti, koji na principu Vinstonovog mosta registruju promenu električne struje u metalnom središtu na koje deluje mehanička sila pri pokušaju izvođenja pokreta. Vrednosti se očitavaju na elektronskim brojačnicima instrumenta ili na dinamogramima ukoliko je dinamometar povezan sa odgovarajućim pisčem (dinamografom). Dobijene krivulje omogućavaju i analizu gradijenta sile, tj. tok i brzinu njenog porasta i pada.

Elektrodinamometri se obično koriste u institutima i nisu prikladni za merenja u fizijatriji jer su uređaji koji fiksiraju aparat teški i ne mogu se jednostavno transportovati, ali spadaju u najpreciznije dinamometre.



Praktikum
11911



Slika 82. – a) Dinamometar sa skalom, b) merenje mišićne snage dinamometrom sa skalom

Merenje mišićne snage dinamometrom

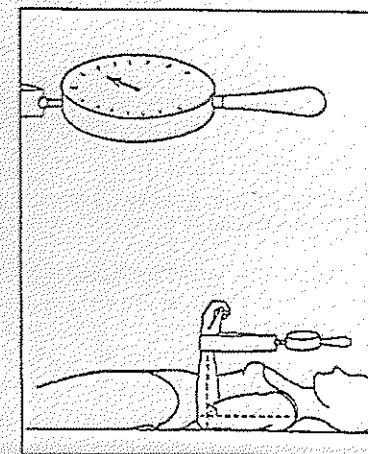
Dinamometar sa skalom. – Ispitanik zauzme modifikovan standardni položaj – u malom raskoraku radi veće stabilnosti. Dinamometar sa skalom, koja je postavljena naviše, obuhvata se šakom, između prstiju i dlana, da što bolje „legne“. Posle dobro nameštenog položaja dinamometra snagom jedne ruke vrši se pritisak (sl. 82. a, b). Na skali se očitava maksimalna mišićna snaga jedne ruke, dobijena samo jednim stiskom šake. Posle očitavanja vrednosti kazaljka skale se vraća na početni, nulti položaj.

Za pravi uvid u mišićnu snagu treba uzeti maksimalnu vrednost tri uzastopna merenja koja su izvedena posle kratkotrajne pauze od pola minuta.

Dinamometar sa perom. – Veoma prikladnim za praktičnu upotrebu u kinezimetriji pokazao se dinamometar na pero (jedna od mnogobrojnih modifikacija), koji se sastoji od čeličnog pera na koji je fiksiran kazaljka (sl. 83). Skala dinamometra ima raspon 0–80 kiloponda. Nedostatak ovog aparata je što se povremeno mora kontrolisati njegova preciznost. Pri merenju omča dinamometre treba da stoji pod

uglom od 90 stepeni. U suprotnom, dobijena vrednost na dinamometru će biti manja.

Dinamometrija je jednostavna tehnika; njena primena je moguća u gotovo svim situacijama i ne zahteva učestalu promenu položaja ispitanika.



Slika 83. – Šematski prikaz Kolinovog dinamometra na pero i njegova primena pri testiranju snage mišića. Ugao segmenta je 90°.

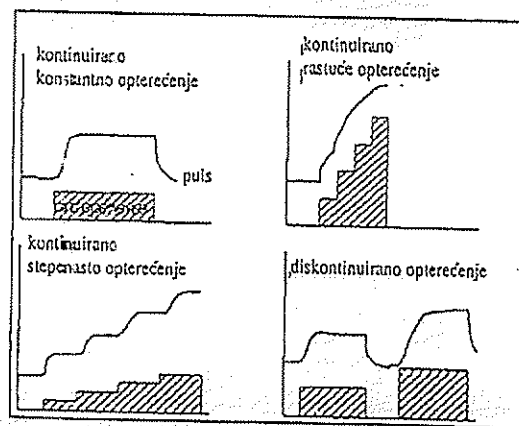


Merenje mišićnog rada

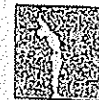
Merenje rada mišića sprovodi se različitim laboratorijskim testovima opterećenja. Postupci opterećenja razlikuju se po: a) intenzitetu, b) trajanju, c) veličini angažovane mišićne mase i d) biološkom značaju. Po intenzitetu, opterećenja se dele na *maksimalna* i *submaksimalna*. U uslovima kada se ispituje ostatak radne sposobnosti dolazi u obzir samo primena raznih submaksimalnih opterećenja. Trajanje i postupak opterećivanja takođe se razlikuju od testa do testa. Neki češći oblici opterećenja priloženi su na šematskom prikazu (sl. 84).

Testiranje radu mišića isključivo kao fizičke veličine ima malo smisla. Prilikom testiranja treba registrovati promene raznih bioloških karakteristika, kao što su srčana frekvencija,

palpacijom ili preko EKG-a, potrošnja kiseonika i proizvodnja ugljen-dioksida kao metabolički parametri ili neki respiratorni parametri. Time se ostvaruje uvid u biološku vrednost primenjenog opterećenja, što je kao podatak za ispitivača (a i za ispitanika/pacijenta) mnogo značajnije. Veličinu opterećenja u biološkom smislu pokazuje promena metaboličkih parametara i srčane frekvence. Pre otpočinjanja bilo kakvog testa potrebno je da kvalifikovana osoba (lekar) pregleda ispitanika/pacijenta i odobri testiranje. Greške pri doziranju opterećenja mogu direktno ugroziti njegovo zdravlje i zato se moraju svesti na najmanju meru, tj. prihvatljivi rizik.



Slika 84. - Najčešći oblici opterećenja



Praktikum
1937

Na biološku težinu testa utiče i veličina mišićne mase koja se testira. Nije svejedno da li se rad obavlja rukama ili nogama, jer opterećenje od 100 W i netrenirana osoba lako podnosi ako pedale okreće nogama, dok je održavanje ritma okretanja „kurble“ ergometra rukama posle 3–4 minuta praktično nemoguće.

Prilikom ispitivanja sposobnosti pojedinih mišića ili grupa mišića obično se koriste subjektivne metode. Ispitanik treba da obavi pokret (da podigne ruku) koji mu ispitivač sprečava svojom snagom, tegovima ili ergometrom sa elektronskim dinamometrima, koji su specijalno konstruisani za opterećivanje pojedinih mišićnih grupa (za mišiće potkolenice, mišiće primiceače) ili posebnih kombinacija mišića. Pomoću njih se dobijaju objektivni podaci o mogućnostima pojedinih mišića. Slični aparati mogu se videti u raznim letetanama i tzv. fitness klubovima, gde služe za povećanje snage pojedinih mišićnih grupa.

Step test. – Za step test koriste se različite klupice, od kojih neke imaju fiksnu, a neke promenljivu visinu. Pošto opterećenje zavisi od visine klupice i telesne mase (težine) ispitanika, opterećenje se računa po formuli

$$L = H \times W \times n \times 1,5,$$

gde je:

L – veličina opterećenja,

H – visina klupice,

W – telesna masa osobe,

n – broj penjanja u minutu (20–30),

1,5 – koeficijent.

U nekim testovima radna sposobnost ispitanika procenjuje se prema brzini nastupanja oporavka, a ne ispituju se promene bioloških varijabli tokom rada (srčana frekvencija, EKG, potrošnja kiseonika i dr.). Predstavnik takvih testova je Harvard step test, uveden u SAD u poslednjem svetskom ratu za masovno testiranje regruta.

Harvard step test

Pribor: klupica visine 50,8 cm (20 inča) za muškarce ili 40 cm (18 inča) za žene, metronom, štoperica, stetoskop.

Ispitanik stane pred klupicu spreman za penjanje. Metronom se podeši na frekvenciju od 120/min, tako da osoba penjanje obavi u 4 takta – gore jednom nogom, gore drugom nogom, dole jednom nogom, dole drugom nogom. Ispitanik sam određuje kojom nogom će početi, ali se obično traži da istom nogom prvo siđe. Frekvencija od 30 penjanja u minutu mora se poštovati – ako osoba u toku 20 s ne uspe da je održi, test se prekida. Sam test standardno traje 5 minuta. Odmah po okončanju testa ispitanik se sedne (obično na klupicu), a ispitivač se pripremi za merenje pulsa. Ako se upotrebi standardni postupak, puls se u oporavku meri u 3 navrata, i to između 60 i 90 s, između 2 min i 2 min 30 s i između 3 min i 3 min 30 s. Vrednosti se zamene u formuli:

Testovi opterećenja

Opterećivanje promenom položaja. – U ovu grupu testova spadaju postupci u kojima se koristi težina tela ispitanika ili samo nekog segmenta tela, a zatim se promenom položaja obavlja opterećivanje. U takve postupke spadaju razni testovi sa čučnjevima (20 čučnjeva za 30 sekundi), vežbe poznate kao sklekovi, trčanje u mestu, zatim razni pregibi tela u pozasu, bilo da se izvode u ležećem (fiksirane noge) ili stojećem položaju. Rad i opterećenje u ovakvim testovima mogu biti relativno veliki i mogu zamoriti osobu. Testovi ove vrste teško se mogu dozirati. Kontrakcije u toku „dizanja“ obavljaju se u zadržci disanja i uz napinjanje, što nije preporučljivo za osobe koje imaju povišen arterijski pritisak. Takođe, testovi se mogu koristiti na terenu, ako nema pogodnijih mogućnosti.



Grupa autora
1991

$$HST = \frac{\text{trajanje rada (us)} \times 100}{2 \times (\text{zbir otkucaja u sva tri merenja})}$$

Rezultat se dobija u bodovima, a tumači se prema sledećim kriterijumima:

1	ispod 55	vrlo slabu fizičku kondiciju
2	od 55 do 64	slaba fizička kondicija
3	od 65 do 79	dobra fizička kondicija
4	od 80 do 90	vrlo dobra fizička kondicija
5	preko 90	izvanredna fizička kondicija

Osim harvardskog testa, u primeni je ranije bio i test po Mastersu (jednostruki i dvostruki Masters), sa klupicom visine 25 cm ili 25–50–25 cm, na koju se penjalo takođe određenom frekvencijom (25–30 puta u minutu).

Prednosti step-testova su jednostavnost izvođenja i to što zahtevaju jeftine sprave. Takođe, mogu se upotrebljavati na bilo kom mestu. Nedostaci testova su brojni: a) ispitaniku je teško određivati puls u toku samog testa, b) doziranje i promena opterećenja praktično su nemogući, c) ograničavajući faktor je i visina klupice, pa bolje prolaze visoke osobe sa dužim nogama i dr.

Bicikl-ergometar. – Postoje različiti tipovi bicikl-ergometara, od najobičnijeg ergometra sa mehaničkim trenjem, za šta se koristi po-

sebna traka oko točka (proizvodnja – Monark, Švedska), preko onih sa električnim uređajima za protivljenje kretanju (Godart – iz Holandije), do novije generacije u kojoj se opterećenje određuje individualno, preko kompjutera. Svaki bicikl-ergometar je samo sprava koja služi za opterećivanje, pa je potrebno izabrati odgovarajući postupak za testiranje ispitanika.

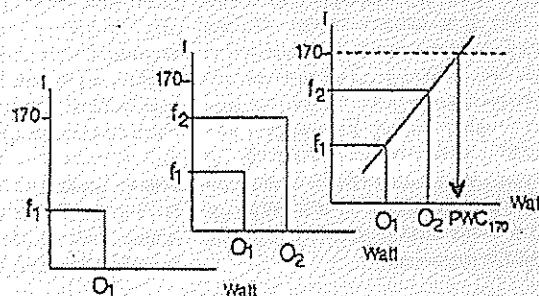
Jedan od često korišćenih testova submaksimalnog opterećenja je i test PWC₁₇₀. Ovim testom određuje se radna sposobnost (Physical Working Capacity) osobe pri puls od 170/min, tj. opterećenje koje ona tada podnosi. Što je veće opterećenje koje izaziva promenu pulsa do 170/min, to je ispitanik u boljoj kondiciji. Test se može prilagoditi pacijentu tako što se ne opterećuje do frekvence od 170 već, na primer, kod starijih osoba samo do 150/min. Rezultat testa dobija se u vatima ili, kod novijih, u nekim jedinicama bližim biologiji.

Prihori: bicikl ergometar, stoperica, stetoskop. Ispitaniku se odredi prvo opterećenje od oko 1–1,5 W po kilogramu mase tela. Rad na biciklu traje 5 min, a u poslednjem minutu meri se srčana frekvencija. Potom sledi odmor od oko 3–5 min pa se daje drugo opterećenje, koje treba da bude 2–2,5 W po kg (za pacijente, ove vrednosti treba redukovati za oko 30–50%). Takođe treba izmeriti frekvenciju u 5. minutu drugog opterećenja. Dobljene vrednosti unose se u formulu:

$$PWC_{170} = O_1 \times \frac{(O_2 - O_1) \times (170 - f_1)}{(f_2 - f_1)}$$

Oznake O_1 i O_2 su vrednosti oba opterećenja u vatima, a f_1 i f_2 su odgovarajuće frekvencije srca u prvom i drugom opterećenju.

Vrednost testa može se dobiti i grafičkim putem, prema priloženoj šemi (sl. 85). Na apscisi (x) unose se vrednosti prvog i drugog opterećenja, a na ordinati (y) obe frekvencije. Kako u matematički dve tačke definišu



Slika 85. – Grafički prikaz vrednosti testa



Praktikum
1957

pravu, povuče se prava i na mesto gde ona saže vrednost frekvencije od 170/min (isprekidana linija), spusti se normala na apscisu (podebljana strelica). Dobljena vrednost je vrednost PWC₁₇₀.

Progresivno rastući test. – Počinje sa opterećenjem od oko 1–1,5 W/kg i posle svaka 3 minuta dodaje se po 30 W. „Oštrija“ varijanta je da se posle svakog minuta pedaliranja dodaje 30 W. Test je očigledno primenljiv kod potpuno zdravih, pre svega sportista. Tokom testa snimaju se puls, disanje, potrošnja kiseonika i dr.

Pokretne staze. – Pokretne staze su veoma moderna (i veoma skupa) laboratorijska testiranja i danas su potpuno kompjuterizovana, što omogućuje ne samo brzo biranje raznih preprogramiranih procedura (što podrazumeva različite submaksimalne testove) već i stalnu kontrolu stanja ispitanika na monitoru, koji pokazuje više raznih parametara odjednom, kao i druge pogodnosti. Pošto se stalno prati

stanje ispitanika i upoređuje sa priznatim standardima (npr. ugao nagiba porasta frekvencije srca u primenjenom opterećenju), u kompjuteru postoji uređaj koji šalje alarmni signal ako nešto nije u redu. Opterećenje se dozira ili prema ranijem programu, ili se podešava ručno. Pri tom se može povećavati brzina (što imitira razne režime rada) do 35–40 km/h, ali i nagib pokretne trake. I tredmil je sprava za opterećivanje, a način testiranja se određuje opredeljivanjem za neki od standardnih testova. Kod sportista se primenjuje stepenasto povećanje opterećenja do otkaza, dok se kod pacijenata zadovoljavamo i znatno skromnijim opterećenjem, na primer, 3 minuta opterećenja istog intenziteta, zatim sledeća 3 min porast za 10–15%, pa novi porast, uz stalno praćenje promena kardiovaskularnih i metaboličkih parametara. I na tredmilu se može koristiti ranije opisani test PWC₁₇₀.



Merenje protoka krvi u ekstremitetima

Oscilometrija

Za merenje protoka krvi u ekstremitetima (gornjim ili donjim) primenjuje se merenje segmentnog pritiska. Segmentni pritisci dobijaju se stavljanjem manžetne.

Gornji ekstremitet

Ispitanik sedi na stolici ispravljenih leđa, ruke su oslobodene odeće i oslonjene na kolena.

Manžetne aparata postavljaju se na najviši deo nadlaktice (sl. 86.A). Vrednost pritiska u manžetni zavisi od vrednosti krvnog pritiska ispitanika, i uvek je nešto viša od stvarnog arterijskog pritiska.

a) Ispitanik najpre savije ruke u laktovima do ugla od 90 stepeni, što se grafički zabeleži.

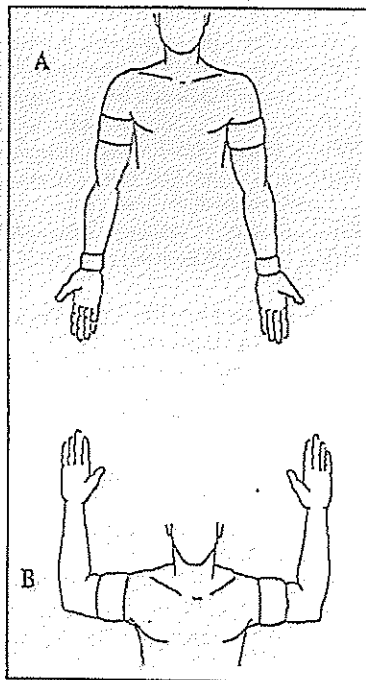
b) U tom položaju zabaci glavu nazad i ponovo se grafički zabeleži moguća promena protoka krvi.

c) Ispitanik postavi glavu u neutralni položaj, a ruke sa savijenim podlakticama podižu se u visinu ramena (abdukcija do 90 stepeni) i grafički se zabeleži eventualna promena pritiska (sl. 86.B).

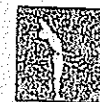
DONJI EKSTREMITETI

Ispitanik u donjem vešu leži na leđima. Manžetna aparata je postavljena visoko na natkolenicu. Pritisak u manžetni je 180 mmHg, a zatim se smanjuje za po 20 mmHg sve do

40 mmHg. Svako smanjenje pritiska za 20 mmHg grafički se zapisuje.



Slika 86. – A) Šematski prikaz postavljanja manžetne pri oscilometriji i B) postupak pri merenju protoka krvi u gornjim ekstremitetima



Praktikum
/ 197 /

Prilikom merenja protoka krvi *potkolenice* manžetna aparata postavlja se neposredno ispod kolena. Postupak je isti kao i za natkolenicu. Početni pritisak u manžetni je 180 mmHg, a zatim se smanjuje za po 20 mmHg sve do 40 mmHg. Svako smanjenje pritiska za 20 mmHg

grafički se zapisuje i beleži moguća promena u protoku krvi.

Prilikom merenja protoka krvi *stopala* manžetna aparata postavlja se na gornju polovinu stopala, a zatim se sprovodi istovetni postupak kao za natkolenicu i potkolenicu.



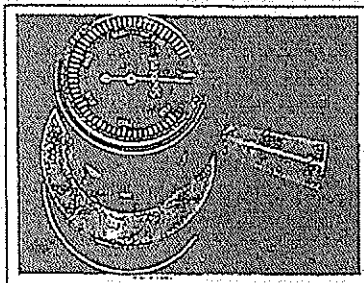
Mala spirometrija

Veličine zapremine i kapaciteta pluća mere se vođenim i suvim spirometrom. Postupak merenja izvodi se na sledeći način: spirometar se postavi na sto (koji treba da se nalazi na polovini ispitaničeve visine). Ispitanik je u stojećem stavu, desnom rukom drži kraj cevi na kojoj se nalazi plastična ili papirna cevčica, koja se me-
nja posle svakog ispitivanja, tj. „duvanja“ u apa-

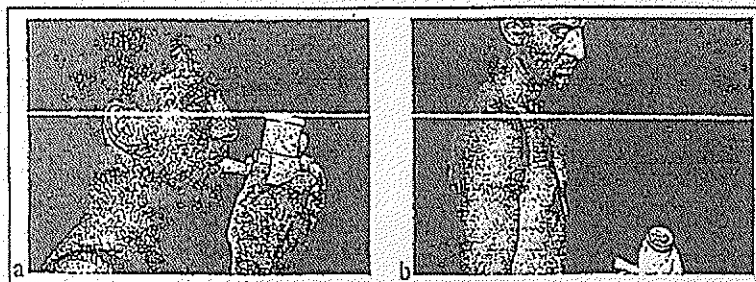
rat. Ispitanik se jednom ili dva puta poduči kako treba izdahnuti u aparat. Zatim se stavi štipaljka na nos ili ispitanič sam sebi (levom rukom) zatvori nos. Potom maksimalno udahne, stavi cev spirometra u usta i sav vazduh iz pluća što brže izdahne u cev. Udaljenost najniže i najviše tačke na kimografu predstavlja vitalni kapacitet pluća.

Kod aparata na kojima se direktno očitava vrednost testa, kao što je to slučaj kod spirometra (sl. 87), princip testiranja je sličan. Jedino aparat, zbog njegove prikladne veličine, ispitanič drži u desnoj ruci. Preko plastičnog nastavka koji se menja ispitanič maksimalno izdahne udahnut vazduh i zatim se direktno očitava vrednost vitalnog kapaciteta (sl. 88).

Spirometrijska ispitivanja imaju kontraindikacije, pa se njihova primena ne preporučuje kod osoba sa visokim krvnim pritiskom, akutnim oboljenjima pluća i disajnih puteva, bolestima srca i slično.



Sliku 87. – Spirometar



Sliku 88. – Način primene spirometra (a) i (b) očitavanje vrednosti vitalnog kapaciteta

Literatura

- Nomina anatomica, 6th ed. Edinburg, London, Melburn, New York: Churchill Livingstone, 1989.
- Marinković, R., Otradić, D., Nović, M.: *Opšta anatomija*, 1. izdanje, Medicinska knjiga, Beograd-Zagreb, 1986.
- Bošković, S.M.: *Anatomija čoveka*, 6. izdanje, Beograd-Zagreb, Medicinska knjiga, 1989.
- Krmpotić-Nemanjić, J.: *Anatomija čoveka: lokomotorni sastav, živčani sistem i osjetila*, 2. izdanje, Medicinska naklada, Zagreb, 1982.
- Križan, Z., Bačić, V.: *Opća anatomija*, 1. izdanje, Školska knjiga, Zagreb, 1982.
- Milin, J.: *Čelija i tkiva*, 1. izdanje, Medicinski fakultet, Novi Sad, 1987.
- Stojković, A.: *Anatomija i fiziologija*, za I razred medicinske škole, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1994.
- Zec, Ž., Konforti, N.: *Ispitivanje snage mišića*, Viša medicinska škola, Beograd, 1982.
- Majkić, M.: *Klinička kineziometrija*, 3. izdanje, Škola za medicinske sestre i tehničare, Zagreb, 1989.
- Majkić, M.: *Uvod u kliničku kineziologiju*, 3. izmenjeno izdanje, Škola za medicinske sestre i tehničare, Zagreb, 1983.
- Stojšić, D., Benc, D., Avramov, S.: *Thoracic outlet syndrome*, Institut za kardiovaskularne bolesti, Sremska Kamenica, 1989.
- Kaluđerović, D., Nikolić, S.: *Praktikum iz kineziologije*, Viša medicinska škola, Beograd, 1990.
- Krajinović, J., Mikić, Ž., Pajić, D.: *Hirurgija lokomotornog aparata: I deo, udžbenik za studente opšte medicine i stomatologije*, Medicinski fakultet, Novi Sad, 1990.
- Koturević, Lj., Jeričević, D.: *Korektivna gimnastika*, 1. izdanje, MiS sport, Beograd, 1993.
- Benninghoff - Goertler, *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*, 8th ed., Munchen-Berlin-Wien: Urban & Schwarzenberg, 1967.
- Jovanović, S.: *Anatomski atlas*, Beograd, Naučna knjiga, 1979.
- Brunnstrom SMA, *Clinical kinesiology*, Philadelphia: F.A. Davis company, 1962.
- Opavsky, P.: *Osnovi biomehanike*, drugo izdanje, Naučna knjiga, Beograd, 1971.
- Pajić, D., Petrović, S., Stojanović, S.: *Dečija hirurgija, za studente medicine*, Medicinski fakultet, Novi Sad, 1992.
- Stevanović, M.: *Kineziologija*, KIZ „Centar“, Beograd, 1989.
- Stevanović, M., Stevanović, M.: *Merenje obima pokreta u zglobovima*, Zavod za rehabilitaciju „Dr Miroslav Zolotović“, Beograd, 1975.
- Weiner, J.S., Lounie, J.A., *Human Biology*, Oxford and Edinburgh: Burgess and son, 1969.



Grupa autora

/200/

- Živanović, S., Stajković, A.: *Kinziologija*, 2. izdanje, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1987.
- Majkić, M.: *Kineziometrija*, Medicinska naklada, Zagreb, 1974.
- Marinković, S., Ilić, A., Malobabić, S.: *Neuroanatomija*, Savremena administracija, Beograd, 1987.
- Duvančić, V., Posinovec, J.: *Osnove histologije čovjeka*, Medicinska knjiga, Beograd-Zagreb, 1990.
- Popović, S.: *Histologija*, Dečije novine, Gornji Milanovac, 1990.
- Nikolić, B.: *Osnovi fiziologije čoveka*, Medicinska knjiga, Beograd-Zagreb, 1977.
- Knussmann, A.: *Lernbuch der Anthropologie und Humangenetik*, Stuttgart-New York: G. Fischer verlag, 1980.
- Martin, R., Saller, S.: *Lernbuch der Anthropologie*, Stuttgart: G. Fischer, 1957.
- Maver, H., Rudan P., Tarbuk D.: *Antropometrija: praktikum biološke antropologije* br. 1, Antropologijaska biblioteka, Zagreb, 1975.
- Weiner, J.S., Lourie, J.A.: *Human Biology: A Guide to Field Methods*, Oxford: Blackwell, 1969.
- Ganong, W.F.: *Review of Medical Physiology*, 14th Ed., Appleton & Lange, Norwalk Connecticut/San Mateo, California, 1989.
- Patten, H.D., Fuchs, A.F., Hille, B., Scher, A.M., Steiner, R.: *Textbook of Physiology*, 21st Ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia-London-Toronto-Montreal-Sydney-Tokyo, 1989.
- Stegemann, J.: *Leistungsphysiologie*, zweite Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1977.
- Astrand, P.O., Rodahl, K.: *Textbook of Work Physiology*, 2nd Ed., McGraw Hill Book Company, New York-St. Louis-San Francisco-Auckland-New Delhi-Sydney-Tokyo-Singapore ... 1977.
- Cerretelli P.: *Fisiologia del lavoro e dello sport*, Societa editrice Universo, Roma, 1978.
- Krstić, R.V.: *Ultrastructure of the mammalian cell*, Springer Verlag 1979.
- Donskot, D.: *Biomechanik der Koperübungen*, Sportverlag, Berlin, 1961.
- Đukić, D., Atanacković, T.: *Mehanika*, Univerzitet u Novom Sadu, FTN, 1993.
- Zec, Ž.: *Osnovi kineziologije*, Institut za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju, Beograd, 1972.
- Koturović, Lj., Leričević, D.: *Analiza statusa muskulature kod lateralnih devijacija kičmenog stuba*, Športnomedicinske objave, Ljubljana, 1970.
- Kucera, M.: *Krankengymnastische Übungen*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New-York, 1978.
- Rathbone, J.L.: *Corrective Physical Education*, W.B. Saunders Company, Philadelphia and London, 1959.
- Stafford, G.T.: *Preventive and Corrective Physical Education*, New York, 1950.
- Tittel, K.: *Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen*, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1970.
- Hochmuth, G.: *Biomechanik Sportlicher Bewegungen*, Sportverlag Berlin, 1971.
- Wells, F.K.: *Kinesiology*, W.B. Saunders Company, Philadelphia and London, 1959.

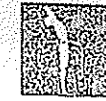
Sadržaj

PREDGOVOR	3
UVOD	5
I. ELEMENTI LOKOMOTORNOG APARATA	8
Kosti	8
GRADA KOSTIJU	10
RAST I RAZVOJ KOSTIJU	13
Zglobovi	15
NEPOKRETNOSTI ZGLOBOVI	16
POKRETNOSTI ZGLOBOVI	16
VRSTE POKRETA U ZGLOBOVIMA	20
PODELA POKRETNOSTI ZGLOBOVA	22
OSOVI NE I RAVNI U KOJIMA SE IZVODI POKRET U ZGLOBU	22
ZGLOBOVI SA JEDNOM OSOVINOM	26
ZGLOBOVI SA DVE OSOVINE	26
ZGLOBOVI SA VIŠE OSOVINA	27
ZGLOBOVI SA MALOM POKRETLJIVOSTU	28
FIZIOLOŠKI I FUNKCIONALNI POLOŽAJ ZGLOBOVA	28
Mišići	29
GLATKO MIŠIĆNO TKIVO	29
POPREČNO-PRUGASTO MIŠIĆNO TKIVO	30
SRČANO MIŠIĆNO TKIVO	32
INERVACIJA MIŠIĆA	32
NEUROMIŠIĆNA PLOČA	33
MOTorna JEDINICA	35
2. MIŠIĆNA KONTRAKCIJA	36
Mehanizam nastanka mišićne kontrakcije	36
Vrste mišićnih kontrakcija	39
Podela kontrakcija prema snazi	41
Zakon „sve ili ništa“ mišiću	42
Mišićni tonus	42
Slobodni i fiksni mišićni pripoji	45
Zamor mišiću	46
Energetika mišićne kontrakcije	49
Snaga mišićne kontrakcije	51
FAKTORI KOJI UTIČU NA SNAGU MIŠIĆNE KONTRAKCIJE	54
Efikasnost mišićne kontrakcije	56
Podela mišića prema ulozi u koordiniranom radu	59
KOORDINACIJA POKRETA	61
3. KOŠTANE POLUGE	63
TAČKE KOJE DEFINIŠU POLUGU	63
VRSTE POLUGA	63
MIŠIĆ KAO SILA	67



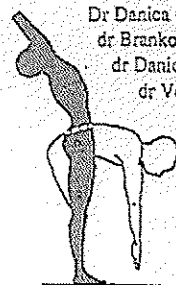
Grupa autora
12021

OBRtni MOMENT SILE	67
GRAVITACIJA KAO SILE	69
UGAO DELOVANJA SILE, ODNOSNO MIŠIĆA	70
Težište	72
TEŽIŠTE POJEDINIh SEGMENTA	72
ODREĐIVANJE TEŽIŠTA TELA	74
TEŽINA SEGMENTA	75
Vrste ravnoteže	77
4. PODELA CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA I NJEGOVA ULOGA U MIŠIĆNOJ AKTIVNOSTI	79
KIČMENA MOŽDINA	81
PRODUŽENA MOŽDINA (medulla oblongata) I MOST (pons)	83
SREDNJI MOZAK	84
MALI MOZAK	85
MEDUMOZAK	86
VELIKI MOZAK	87
Motorni putevi	91
PIRAMIDALNI (KORTIKOSPINALNI) PUT	92
KORTIKONUKLEARNI PUT	94
EKSTRAPIRAMIDALNI PUTEVI	94
KORTIKOCEREBELARNI PUTEVI	94
Senzitivni putevi	96
SPINOTALAMIČKI PUT	96
SISTEM DORZALNE KOLUMNJE I MEDIJALNOG LEMNISKUSA	97
PUT NESVESNOG DUBOKOG SENZIBILITETA	98
Receptori	98
Refleksi	101
VOLINI POKRETI	102
5. AUTOMATIZACIJA POKRETA I KOMPENZACIJA FUNKCIJE	104
Uticaj mišićnog rada na krvotok i promene u krvi	106
Mišićni rad i disanje	109
Mišićni rad i varenje	110
Izbacivanje štetnih produkata i uloga bubrega u radu	112
6. METODE MERENJA NORMALNE FUNKCIJE APARATA ZA KRETANJE	113
Antropometrija	113
VISINA TELA	113
TEŽINA TELA	116
TELESNI OBIMI	116
DUŽINA TELESNIH SEGMENTA	117
ANTROPOMETRUSKI INDEKSI	117
MERENJE OBIMA POKRETA	118
VRSTE MERNIH INSTRUMENTA	119
MERENJE SNAGE MIŠIĆA	121
DINAMOMETRIJA	121
DINAMOGRAFIJA	122
MERENJE MIŠIĆNOG RADA	122
MERENJE PROMENOM POLOŽAJA	123
BICIKL-ERGOMETRIJA	123
POKRETNOST	124
Mala spirometrija	124
Merenje protoka krvi	126



Kineziologija
12031

PRAKTIKUM	130
1. VEŽBA	131
Metode objektivizacije funkcionalnog stanja organizma – posebno lokomotornog aparata	131
Pojam i značaj antropometrije	131
Pojam i značaj plantografije	131
Dužina i obim ekstremiteta	132
Merenje snage mišića	132
2-5. VEŽBE	134
Antropometrijske tehnike	134
Merni instrumenti	134
Merenje dužine ekstremiteta	138
Merenje obima ekstremiteta	140
Plantografija	141
Merenje kožnih nabora	142
Merenje visine (dužine) tela	143
Merenje težine tela	144
Merenje broja respiracija	144
6-16. VEŽBE	146
Merenje obima pokreta	146
Merni instrumenti	148
Merenje obima pokreta glave i vrata	150
Merenje obima pokreta trupa	153
Merenje obima gornjih ekstremiteta	155
Merenje obima pokreta donjih ekstremiteta	156
Merenje simetričnih težina	165
Merenje fizioloških i patoloških krivina kičmenog stuba	166
17-29. VEŽBE	168
Merenje mišićne snage	168
Testiranje mišića glave i vrata	168
Testiranje mišića trupa (fleksori)	171
Testiranje mišića trupa (ekstenzori)	172
Testiranje mišića ramenog pojasa	173
Testiranje mišića noge (fleksori)	180
Testiranje mišića noge (ekstenzori)	183
Testiranje mišića stopala	185
30. VEŽBA	190
Dinamometrijsko merenje snage mišića	190
Vrste dinamometara	190
Merenje mišićne snage dinamometrom	191
31-33. VEŽBE	192
Merenje mišićnog rada	192
Testovi opterećenja	193
34. VEŽBA	196
Merenje protoka krvi u ekstremitetima	196
Oscilometrija	196
35. VEŽBA	198
Mala spirometrija	198
LITERATURA	199



Dr Danica Obradović
dr Branko Milutinović
dr Danica Ulić
dr Verica Božić-Krstić

KINEZILOGIJA

za III razred medicinske škole

Šesto izdanje, 2006. godina

Izdavač

Zavod za udžbenike i nastavna sredstva,
Beograd, Obilićev venac 5

Likovni urednik

mr TAMARA POPOVIĆ-NOVAKOVIĆ

Lektori

NEVENA ŽIVIĆ
ROSANDA VUČIČEVIĆ

Ilustracije

ALBINA KASAŠ

Grafički urednik

GRADIMIR DRAGAŠEVIĆ

Korektor

DUŠANKA TORBICA

Obim: 25 1/2 štamparskih tabaka
Format: 20 x 26 cm

Rukopis predat u štampu, jula 2006. godine.
Štampanje završeno avgusta 2006. godine.

Štampa „BUDUĆNOST“, Novi Sad