
6 BIOMEHANIKA APARATA ZA KRETANJE

Aparat za kretanje možemo posmatrati u užem i širem smislu. U užem smislu lokomotorni sistem čine aktivne snage (mišići) i pasivne snage (kosti i zglobovi). Da bi aparat za kretanje bio u potpunosti pokriven, sastavni deo te celine čine i motorni nervi, kao i putevi dubokog senzibiliteta.

Dakle, to su sve one anatomske formacije koje čine funkcionalnu celinu, i čijom zajedničkom akcijom čine pokret. Ako bilo koji sastavni deo ispadne iz bilo kog razloga pokret gubi na svojoj funkciji i skladnosti.

Ovde su nabrojane samo one celine, koje neposredno učestvuju u izvođenju pokreta. Sve to ne bi funkcionisalo bez normalnog rada sistema: kardiovaskularnog, respiratornog, digestivnog, metabolizma itd.

6.1 Kosti

Kosti čovečijeg tela su potporni organi, neophodni za održavanje oblika i čvrstine tela, a u izvesnim slučajevima imaju i zaštitnu ulogu za unutrašnje organe. Sa aspekta kineziologije da njihovo svojstvo, da kao poluge služe za prenošenje mišićnih kontrakcija na pojedine segmente tela su izuzetno važne.

Njihova karakteristika da svojim dodirnim površinama formiraju čvrste delove zgloba, takođe je od velike važnosti.

Kosti predstavljaju najčvršće tkivo u organizmu. Ali, bez obzira na to i one imaju svoj elasticitet, koji ako se naruši, dovodi do naprslina i preloma. U

periodu involucije elasticitet opada, čime se objašnjava veća lomnost kostiju sa starenjem.

Kosti imaju i svoj plasticitet, što znači da se do izvesne granice mogu i oblikovati. Ovaj proces modeliranja je lakše izvesti ukoliko je proces okoštavanja manje odmakao.

Obzirom da se proces okoštavanja završava u periodu od dvadesete do dvadesetsedme godine života, to znači da se do dvadesete godine javljaju posturalni poremećaji i telesni deformiteti. To istovremeno znači da se u tom periodu mora delovati na aktivne i pasivne snage u smislu prevencije, korekcije i lečenja malformacija koje se mogu javiti.

6.2 Osobine kostiju

U telu čoveka ima oko 206 kostiju, koje se prema obliku dele na: duge, kratke i pljosnate. U kineziologiji najznačajnije su duge kosti. Mehaničku celinu dugih kostiju čini telo-diaphysis i dva okrajka-epiphysis. Telo kostiju je najčešće trouglastog oblika i na njemu razlikujemo tri strane i tri ivice. Na krajevima kostiju nalaze se zaobljenja –ispupčenja-kondili, koja su presvučena hrskavicom-facies articularis i ulaze u sastav zgloba. Na spoljašnjoj strani kondila nalaze se hrapava ispupčenja-epiconylus lateralis et medialis, na koja se pripajaju tetive mišića. Na spoju između epifiza i dijafize nalaze se metafize, gde su grupisane mlade koštane ćelije zrna rasta, u kojim se vrši razmnožavanje i rast kostiju u dužinu. Sve kosti obavijene su periostom, gde se odvija rast kostiju u širinu.

6.3 Okoštavanje i rast kostiju

Čvrstina, kao osnovna biomehanička specifičnost kostiju, počinje okoštavanjem. Okoštavanje može biti iz vezivnog tkiva-endosmalno, sa periferije hrskavice-perihondralno, i u hrskavici-enhondralno. Većina kostiju nastaje okoštavanjem prethodnog hrskavičavog modela, koji se postepeno preobražava u kost. Proces okoštavanja se odvija na sledeći način: u trenutku

okoštavanja u hrskavičavi model prodire jedan krvni sud, koji sa sobom nosi mlade vezivne ćelije. Hrskavičava supstanca se uništava, a na njeno mesto se formira mlado vezivno tkivo-neoplazija, koje se zatim pretvara u mlado koštano tkivo-metaplazija. Taloženjem kalcijumovih soli, mlade koštane ćelije-osteoblasti, pretvaraju se u zrele koštane ćelije-osteocite.

U toku života, proces okoštavanja se nastavlja u dva pravca: u dužinu i širinu.

Svi delovi kostura ne završavaju proces okoštavanja istovremeno. Rebra prva završavaju ovaj proces, karlica okošta oko dvadesete godine, tela pršljenova kičmenog stuba između dvadeset pete i dvadeset sedme godine, ključna kost kod muškaraca i preponske kosti kod žene završavaju ovaj proces oko dvadeset sedme godine života.

Na nogama se osifikacija završava pre na kostima ispod kolena, dok je na rukama ovaj proces pre završen na delovima ruke bliže laktu. Stopalo završava rašćenje i okoštavanje pre šake.

Okoštavanjem epifiza završava se rast kostiju. Ovaj proces nije ravnomeran, već se rast kostiju u dužinu i širinu odvija naizmenično, u skokovima i obično se ova dva rašćenja odvijaju naizmenično, na svakih šest meseci.

Na ovaj način se smenjuju i rašćenja distalnih i proksimalnih delova ekstremiteta, kao i rast donjih i gornjih ekstremiteta. Ovaj zakon naizmeničnog rašćenja-Godin-ov zakon važi za period puberteta.

Prilikom sprovođenja merenja-eksperimenta, može se kod učeničke populacije konstatovati nejednak rast simetričnih delova. Može se primetiti u izvesnim slučajevima, da leva noga zaostane u rastu za desnom nogom, ali se za kraći period vremena ta razlika nadoknadi. Tako da trenutna nagnutost karlice-denivelacija se konstatuje kao prolazna pojava, ali može zbog organskih poremećaja da ostane i trajna. Ovakva situacija ne može mimoći i desnu stranu, ali to je u manjem broju slučajeva.

Pritisak na kost i pokret u zglobovima deluju kao povoljan nadražaj, na pravilan rast i razvoj, pod uslovom da su pokreti pravilno izvedeni, a pritisak na kost uravnotežen tj. fiziološki.

Za razliku od ovakvih stanja, poznate situacije, kao duga imobilizacija, ili rasterećenje kostiju dovodi do rarefakcije koštanog tkiva, što se registruje rentgenskim putem kao razređenje senki u poređenju sa kostima normalne strukture. Osim ovoga, duga imobilizacija zgloba dovodi do srašćivanja zglobnih površina susednih kostiju-ankiloza kostiju.

Ukoliko dođe do toga da se u toku rasta konstatuje neravnomeran pritisak na kost, dolazi do neravnomernog razvoja te kosti. U tom slučaju sa strane pritiska kost zaostaje u razvoju, a na strani rasterećenja kost se normalno, ali ubrzano u odnosu na pritisnutu stranu razvija-Delpech-ov zakon.

Delovanje Delpešovog zakona se najbolje može videti kod deformacija kičmenog stuba u frontalnoj ravni.

Ako dođe do toga, da se kičmeni stub iskrivi, onda se sigurno tokom vremena konstatuje na konkavnoj strani, da kičmeni stub zaostaje u razvoju, a sa konveksne strane se brže razvija. Ako ovakvo stanje egzistira u dužem vremenskom periodu, sigurno će se ovakvo stanje pretvoriti u fiksirani deformitet-finalno stanje.

Ovaj zakon se može iskoristiti i primeniti kod stanja, koja nisu fiksirana, tako što će se uz pomoć ortopedskih pomagala rasteretiti opterećena strana i opterećenje-pritisak preneti na do sada rasterećenu stranu, i na taj nači izbalansirati pritisak na kost. Ovo se može primeniti u slučajevima kada rast i razvoj nisu završeni.

Rast kostiju u širinu predstavlja trajni proces, koji se odvija tokom čitavog života. Kost raste u širinu iz pokosnice, koja obavlja svaku kost. U pokosnici se stalno stvaraju mlade koštane ćelije, koje obnavljaju i podmlađuju periferni deo kosti. Zahvaljujući osteoklastima, čiji je zadatak da razaraju koštano tkivo, oblik i obim kostiju se bitno ne menja. Stvaranje novog koštanog tkiva-rast u širinu, veoma je intenzivno kod preloma kostiju, što omogućava stvaranje kalusa i zarastanje kostiju.

6.4 Mehaničke osobine kostiju

Sve kosti čovečijeg tela, direktno ili indirektno, učestvuju u funkciji pokreta i kretanja. U tome najvažniju ulogu imaju cevaste kosti.

Čvrstini dugih kostiju, sem taloženja soli kalcijuma, najviše doprinosi njihova cevasta građa i lamelasta struktura koštanih ćelija.

Cevasti oblik dugih kostiju višestruko povećava njihovu čvrstinu, posebno na delovanje bočnih sila. Kompaktni sloj koštanog tkiva-area compacta, postavljen je periferno i centralno, kao da je manja cev uvučena u veću, što višestruko povećava njenu čvrstinu. Između ta dva kompaktna sloja, umetnut je Haverzov osteon, spongiozno tkivo sa bezbroj kanalića, što sa svoje strane, takođe povećava čvrstinu kostiju.

Lamelasta građa kostiju predstavlja sledeću mehaničku karakteristiku, koja povećava čvrstinu kosti po uzdužnoj osi. Pažljivim izučavanjem kompaktnog sloja i spongioznog tkiva može se zapaziti, da koštane ćelije nisu razbacane bez reda u koštanom tkivu, nego su svrstane u obliku koštanih gredica-lamela, koje su raspoređene lučno, duž koštane osovine, kako bi se najefikasnije suprotstavile pritisku. Pravac pružanja lamela se u svemu podudara sa napadnim linijama pritiska koji deluje na kost.

Povećanje dodirnih površina na epifizama predstavlja važnu mehaničku karakteristiku. Iz osteologije je poznato, da je telo dugih kostiju uže, a da su krajevi prošireni. Ta proširenja, po pravilu, predstavljaju zglobne površine i ulaze u sastav zglobova. Takođe je poznata činjenica, da je čvrstina dijafiza, daleko veća, nego što zahtevaju pritisci, koje telo vrši najnepovoljnijim uslovima kretanja. Zbog toga se nameće pitanje proširenja, ako bi se na tim mestima, zbog nagomilavanja koštanog tkiva, povećala glomaznost kosti. Međutim ova proširenja su neophodna za smanjenje ogromnog pritiska koji trpe zglobne površine, s obzirom da je pritisak direktno proporcionalan sili, a obrnuto proporcionalan površini. Povećanjem površine, delovanje zemljine teže, kao konstantne sile, značajno se smanjuje ($P=F/K$, P =pritisak, F =sila, K =površina).

Prošireni okrajci nisu doveli do povećanja težine kosti (jer je to učinjeno na račun spongioznog tkiva), niti do smanjenja čvrstine, jer nju obezbeđuje lamelarna struktura, koja prati linije delovanja pritiska i efikasno mu se suprotstavlja.

Lamele su raspoređene lučno, duž koštane osovine, prateći pravac delovanja sile zemljine teže, nezavisno od toga, da li je to jedna duga kost, ili više kratkih kostiju, kao što je slučaj kod kičmenih pršljenova. Koštane lamele uvek prate delovanje linija sila zemljine teže. Pažljivim posmatranjem dugih kostiju, može se zapaziti, da ni one nisu sasvim prave, nego, slično lamelama, imaju lučni oblik. Luk je najčvršća mehanička konstrukcija. Kostii se lučno formiraju tokom života, kao odgovor organizma na dejstvo spoljašnjih sila-kukovi i karlica su najočigledniji primer. Luk butne kosti, predstavlja odnos između glave i vrata, sa jedne strane, i tela butne kosti, sa druge strane-kolodijafizarni ugao. Taj se luk tokom života menja, smanjuje i povećava, ukazuje na direktnu vezu između mehaničke građe kostiju i delovanja spoljnih sila-Volfov zakon.

Koštana ojačanja-koštane neravnine i ispupčenja, na mestima povećanog delovanja sila-mišićni pripoji, predstavljaju značajnu mehaničku karakteristiku, jer doprinose čvtstini kosti. Isti značaj imaju koštane ivice, žlebovi, useci, koje takođe, višestruko povećavaju čvrstinu kosti. Čvrstina kosti predstavlja osnovni preduslov za funkcionisanje koštanih poluga, posredstvom kojih se realizuju pokreti segmenata tela.

6.5 Koštane poluge

Koštano tkivo zahvaljujući svojoj čvrstini i zglobovima između susednih kostiju, igra ulogu mehaničkih poluga, koje međusobno mogu da zauzmu različite položaje.

Kod ovih poluga, osovina zgloba predstavlja osovinu oko koje koštana poluga vrši pokrete, tj. tačku oslonca poluge, pripoji mišića za koštane poluge, su tačka dejstva sile.

Kosti posmatrane kao poluge, imaju tačku oslonca, tj. zglob-Z, na polugu deluje snaga mišićne kontrakcije kao sila-M, otpor, tj. težina segmenta, koji menja položaj pokretanjem poluge i eventualni dopunski otpor (spoljašnja sila, otpor tkiva na pokret itd.), što se označava slovom –T. Prema međusobnom odnosu triju bitnih tačaka na koštanoj poluzi, sve poluge se mogu podeliti u tri grupe.

Poluge prvog reda

To su poluge, kod kojih sila deluje na jednom kraju poluge, težina na drugom, a oslonac, odnosno tačka oko koje poluga vrši pokrete između njih.

Za ovu vrstu poluge može poslužiti primer: položaj glave u stojećem položaju. Glava se pokreće u atlantookcipitalnom zglobu, odnosno u sredini poluge što predstavlja glava-njena baza, težina deluje na jednom kraju poluge u pravcu fleksije glave, a sila koju predstavlja snaga mišićnih kontakcija ekstenzora glave na drugom kraju iste poluge. Poluge prvog reda nazivaju se i polugama ravnoteže.

Poluge drugog reda

Za ove poluge je karakteristično da sila-M, deluje na jednom kraju poluge, oslonac-zglob-Z, nalazi se na drugom kraju, težina-T, koju mišić treba da savlada deluje između tačaka oslonca i dejstva sile. Ovde je krak sile (najkraće rastojanje između tačke oslonca i tačke dejstva sile mišića-M), duži od kraka težine ili otpora (najkraće rastojanje između zglobova i težišta segmenta koji je u pokretu), te se manjom snagom savladava veći otpor. Ovakve poluge kod čoveka su retke. Primer takve poluge je hodanje na prstima. U ovom slučaju sila-M, snaga m. triceps surae deluje preko ahilove tetive na zadnji kraj stopala. Oslonac-Z, je na prednjem kraju tabana i prstima, a težina tela-T deluje na sredinu stopala. Obzirom da je rastojanje od pripoja m. triceps surae, do oslonca stopalom na zemlju veće skoro za dva puta od udaljenosti tačke na koju deluje težina do oslonca, to će mišić dvostruko manjom snagom od težine moći da održi telo u opisanom položaju. Ako se stoji na prstima obrju nogu, svaki troglavi mišić lista je opterećen četvrtinom težine tela, dvostruko manjom nego pri stajanju na jednoj nozi.

Ova vrsta poluge naziva se polugom snage, pošto sa manjom silom mišića savladava veći otpor, te je korišćenje kontrakcije ekonomičnije i mišić je snažniji, nego kada deluje preko poluge trećeg reda.

Poluge trećeg reda

Ove poluge se odlikuju time što je oslonac-Z i otpor-T na suprotnim krajevima poluge, dok sila-M, deluje na neku tačku između njih.

U ovom slučaju mišić mora upotrebiti veću snagu, od one kojom deluje sila-T, da bi se pokret izveo ili održao položaj, ali je pokret mnogo brži nego kod poluga prvog i drugog reda. Zbog toga ove poluge su i dobile naziv poluge brzine, jer sa malim skraćanjem mišića na kraju poluge suprotnom od zgloba, u kome se pokret vrši izaziva relativno veliki pokret, veći od skraćanja mišića. Kod ovih poluga mišić za savlađivanje manjeg otpora troši veću snagu, što ovakav rad čini neekonomičnim.

U telu čoveka ima najviše poluga trećeg reda, kao što su: podlakt-fleksija, natkolenica-fleksija i abdukcija, potkolenica-pokreti u svim pravcima, stopalo-dorzalna fleksija i tome slično.

Poluge trećeg reda su neekonomične, ali dozvoljavaju pokrete brzog i kratkog trajanja. Kada se radi o statičkim kontrakcijama, a naročito o ekscentričnim, one se izvode sa znatno manjom energijom, što dovodi do neznatnog umaranja. Preko ovih poluga deluje mišić brzine, znači mišići malog tonusa i izdržljivosti, što ipak može da dovede do zamaranja.

6.6 Mehanička građa zglobova

Zglobovi su anatomske formacije pomoću kojih se, na razne načine, uspostavlja kontakt između dve ili više susednih kostiju. Prema pokretljivosti, kod zglobova je moguća sledeća podela:

- Nepokretni zglobovi (synarthrosis), među koje spadaju suture, tj. šavovi kostiju lobanje,
- Polupokretni zglobovi (symphysis, amphiarthrosis), kao što su zglobovi između tela pršljenova ili sakroilijačni zglob,

- Pokretni zglobovi (diarthrosis), a to su zglobovi, u kojima se vrše pokreti velikih amplituda. To su zglobovi na ekstremitetima, a tu spada i atlanto-okcipitalni zglob.

Pokretni zglobovi se sastoje iz više tvorevina-elemenata, koji omogućuju mišićima da pokreću koštane poluge u velikim amplitudama. Pokretni zglobovi se sastoje iz:

- Zglobne hrskavice, koja je glatka i čvrsto je srasla sa zglobnim površinama kostiju,
- Hrskavičave tvorevine u samom zglobu koje nisu obavezni deo zgloba (meniskusi u kolenom zglobu, koji predstavljaju hrskavičave jastučice polumesečastog oblika),
- Sinovijalne opne, koja oblaže unutrašnju stranu zglobne kapsule i deo kostiju oko zglobnih površina, a sastoji se iz dva sloja, od kojih je spoljni bogat krvnim sudovima, dok je unutrašnji fibrozna membranozna tvorevina bez krvnih sudova,
- Zglobne kapsule, koja je ustvari omotač zgloba, koji je sa unutrašnje strane obložen sinovijalnom opnom, a pojačan je aktivnim i pasivnim vezama.

Zglobne površine susednih kostiju su u bliskom kontaktu svojim hrskavicama, tako da se pri pokretu u zglobu međusobno taru.

Ovaj kontakt zavisi od više faktora, a oni mogu biti: atmosferski pritisak, težina delova tela iznad zgloba, tonus i kontrakcija mišića koji prelaze preko zglobova i omogućuju njihove pokrete.

Za kineziologiju su od značaja pokretni zglobovi. Pokretni zglobovi, u zavisnosti od broja kostiju koje ulaze u njihov sastav, mogu biti: prosti (articulatio symplex), kada u sastav zgloba ulaze dva okrajka; složeni (articulatio composita), kada u sastav zgloba ulazi više kostiju. U zavisnosti od mehaničke građe, zglobovi mogu biti koordinantni i nekoordinantni.

Koordinantni zglobovi

Koordinantni zglobovi imaju takav geometrijski oblik zglobnih površina da pri funkciji, ni jednog trenutka ne gube međusobni kontakt, a pokreti ostaju stalno unutar koordinatnog sistema. Zavisno od broja osovina, zglobovi se mogu podeliti na: jednoosovinske, dvoosovinske i troosovinske. Od broja osovina zavisi stepen slobode kretanja u njima.

Jednoosovinski

Jednoosovinski zglobovi, zbog oblika koštanih okrajaka, nazivaju se cilindrični ili kondilarni (*articulatio condilaris*). Kod njih je jedan koštani okrajak uvek, valjkasto ispupčen, a jedan valjkasto izdubljen. Međutim, zavisno od toga, kako je postavljena osa zgloba prema osi okrajka, oni mogu biti: trochoidi i trochleeni prema francuskim autorima.

Kod trochoida, osovina zgloba se poklapa sa uzdužnom osovinom okrajka, kao što je slučaj sa atlanto-okcipitalnim zglobom, gde se prvi vratni pršljen kreće oko zuba (*dens epistrophei*) drugog vratnog pršljena (*rotacija glave*). Njegov tehnički ekvivalent je kuglični ležaj.

Kod trochleena, osovina zgloba pada pod pravim uglom na uzdužnu osu okrajka. To su zglobovi sa ukopanim zglobnim površinama u kojima se pokreti odvijaju samo u jednoj ravni (*flexio-extensio*). Tipičan primer je lakatni zglob (*art. cubiti*), i zglob između falangi prstiju (*art. interphalangea*). Njihov mehanički ekvivalent je šarnir.

Dvoosovinski

Dvoosovinski zglobovi imaju dve osovine, postavljene upravno jedna na drugu. Njihov mehanički ekvivalent je krst kardana.

Zavisno od oblika zglobnih površina, mogu biti: condilieni i toroidi, nazivi prema francuskim autorima.

Kod condiliena, zglobne površine su postavljene suprotno jedna-drugoj, pri čemu je jedna ispupčena, a druga izdubljena (*ručni zglob-art. radiocarpalis*). U njemu su mogući pokreti savijanja i opružanja.

Kod toroida su zglobne površine ukopane i unakrsno postavljene jedna prema drugoj (art. selaris). Primer za to je zglob između palca i trapezaste kosti ručja (art. metacarpotrapesoideum). U njemu su mogući pokreti fleksija-ekstenzija i abdukcija-adukcija, kao i neznatna rotacija, pod uslovom da je kapsula labava.

Troosovinski

Troosovinski zglobovi imaju tri osovine, postavljene upravno jedna na drugu, pri čemu se seku u jednoj tački u centru zgloba. Zbog oblika zglobnih okrajaka, poznati su kao "jajasti" zglobovi (art. spheroida). Njihov mehanički ekvivalent je kuglasti zglob. Zglob kuka i ramena su tipični predstavnici takvog zgloba. U njemu je moguća fleksija-ekstenzija, abdukcija-adukcija i pokret rotacije (circumductio).

Nekoordinantni zglobovi

Nekoordinantni zglobovi imaju zglobne površine jednostavnih geometrijskih oblika, za čiju funkciju nije neophodan stalni međusobni kontakt, a pokreti nisu striktno unutar koordinatnog sistema. Zglobovi između pršljenjskih tela predstavljaju tipičan primer takvog zgloba. Paradoksalno je da ovi zglobovi imaju veći stepen slobode pokreta od enartroza. Ako se tepretski razmatra jedan artroid, sa malim ravnim površinama, smeštenim u relativno labavoj kapsuli, mogu se izvesti sledeći pokreti: klizanje ravni po poprečnoj osi, klizanje ravni po uzdužnoj osi, uvrtnje-otvaranje ravni oko poprečne ose, uvrtnje-otvaranje ravni oko uzdužne ose, rotacija oko vertikalne ose.

Oni imaju pet stepeni slobode pokreta: rotacija oko vertikalne ose, rotacija oko sagitalne ose, rotacija oko frontalne ose, klizanje po uzdužnoj osovini i klizanje po poprečnoj osovini.

6.7 Vrste pokreta u zglobovima

U raznim, a nekad i u istim zglobovima vrše se razni, a nekad i više pokreta, a prema tome, kako se zglobne površine odnose u toku pokreta, oni se mogu svrstati u tri grupe:

- Valjanje znači da zglobne površine tokom pokreta menjaju dodirne tačke slične kretanju dva zupčanika, ili dva valjka, koji se dodiruju i okretanje jednog, izaziva okretanje drugog.
- Klizanje podrazumeva, da jedna zglobna površina klizi preko druge, tj. prva uvek istom površinom dodiruje razne površine druge.
- Rotiranje je takav pokret da je jedna zglobna površina nepokretna, a druga vrši kruženje oko uzdužne osovine kosti, kojoj pripada.

Pojedinim zglobovima, s obzirom na oblik zglobnih površina, najviše odgovara jedan od tri pomenuta pokreta. Moguće je da u istom zglobu se vrše sva tri pokreta, ako se steknu određeni uslovi. U kolenom zglobu je uobičajeni pokret valjanje, rotacija postaje moguća, samo ako je koleno u fleksiji, dok je klizanje kondila preko platoa tibije pasivan pokret, moguć jedino, ako se zglobne veze olabave-takođe pri fleksiji kolena.

Oblik zglobnih površina i njihova orijentacija u prostornim ravnima, kao i pravac pružanja mišića, koji svojim kontrakcijama izvode aktivne pokrete, određuju kakvi se pokreti mogu vršiti u pojedinim zglobovima. Obično se radi o složenim i dobro koordiniranim pokretima, koji radi toga ostavljaju utisak prostih, jednostavnih promena položaja akcijom jednog mišića. Radi se o akciji čitavog niza mišića, od kojih svaki može, ako bi sam delovao, da izvede samo jedan tačno određen pokret.

Poznato je da se u svakom zglobu mogu izvesti po pravilu najmanje dva suprotna pokreta, a u nekim zglobovima (kuk, rame), više pokreta, javila se potreba da svaki pokret dobije naziv. Opisuje se kretanje telesnih segmenata, koje određeni zglob povezuje, a pri tome se ne vodi računa koji mišić, ili koja sila ih izvodi.

Poketi koji se najčešće sreću u primenjenoj kineziologiji mogu biti:

- **Fleksija (pregibanje)**, podrazumeva približavanje segmenata, koji su povezani zglobovom, u kome se vrši pokret, te kao posledica takvog pokreta dolazi do smanjenja ugla, koji segmenti međusobno zaklapaju, (pregibanje ruke u zglobu lakta, u zglobu kolena itd.). Ovaj pokret se vrši u sagitalnoj ravni oko frontalne ose.
- **Ekstenzija (opružanje)**, je pokret suprotan fleksiji, i izvodi se u istom zglobu, gde i fleksija, ali ovog puta se ugao u zglobu povećava (opružanje ruke u zglobu lakta i kolena, opružanje prethodno flektiranog trupa). Ovaj pokret se takođe vrši u sagitalnoj ravni, oko frontalne ose.
- **Abdukcija (odvođenje)**, je udaljavanje segmenta od medijalne ravni tela (Odvođenje ruke od trupa ustranu, kao i noge upolje). Ovaj pokret se vrši u frontalnoj ravni oko sagitalne osovine.
- **Adukcija (privođenje)**, je pokret suprotan abdukciji. To je približavanje segmenta medijalnoj ravni tela ili čak preko nje. Vršiti se u frontalnoj ravni oko sagitalne osovine.
- **Rotacija (kruženje)**, se vrši u dva pravca: upolje i unutra. Radi se o kruženju segmenta oko svoje uzdužne osovine, a moguće je samo ako ta struktura dozvoli (nadrakt u ramenom zglobu, podlakt u zglobovima radijusa i ulne, nadkolenica u zglobu kuka, trup u nizu međupršljenskih zglobova, stopalo u više svojih zglobova).
- **Pronacija** je poseban naziv za rotaciju podlaktka i stopala oko njihovih uzdužnih osovina: Za podlakt to je položaj kojim se, kada je nadlakt uz telo, a podlakt flektiran pod pravim uglom, dlan okreće nadole (palac je na istoj strani na kojoj je epicondylus medialis humeri); za stopalo je to položaj koje ono zauzima kada, pri hodu, gazimo unutrašnjom ivicom, dok je spoljašnja ivica odignuta od podloge.
- **Supinacija** je rotacija u suprotnom pravcu od pronacije: kod podlaktka palac je na strani epicondylus lateralis humeri; stopalo gazi na spoljašnjoj ivici.

- Cirkumdukcija (kruženje oko centra zgloba) je kompleksan pokret kod koga deo tela koji ga izvodi, naizmenično prolazi kroz fleksiju, abdukciju, ekstenziju i adukciju ili obrnuto.
- Treba napomenuti, da se nazivima za pokret opisuju promene međusobnog odnosa susednih segmenata, a ne i aktivne mišiće. Moguće je da fleksiju vrše ekstenzori, ili da se ona vrši pasivno, bez mišićne aktivnosti.

6.8 Čvrstina zgloba

Čvrstina zgloba predstavlja veoma značajnu mehaničku karakteristiku. Nju obezbeđuju pasivni i aktivni stabilizatori zgloba.

Pasivni stabilizatori

Pasivne stabilizatore čine: zglobna čaura, zglobne veze i atmosferski pritisak. Zglobna čaura sa svoja dva lista, unutrašnji (sinovijalni) i spoljašnjim (fibrozni), čini mehanički spoj između susednih okrajaka kostiju. Ona je, na određenim mestima ojačana zglobnim vezama, koje pojačavaju čvrstinu zglobne kapsule. S obzirom da je zglob hermetički zatvoren kapsulom, čvrstini zgloba značajno doprinosi atmosferski pritisak, odnosno negativan pritisak, koji vlada unutar zgloba. Braća Veber su eksperimentalno dokazali, da se zglobne površine lakše odvajaju, ako su pritisci izjednačeni (probušen zglob).

Aktivni stabilizatori

Aktivne veze (stabilizatori), predstavljaju mišićne tetive, koje se pripajaju neposredno na zglobne strukture ili prelaze preko zgloba. Pri kontrakciji mišića, vlakna mišićnih tetiva, koja se neposredno pripajaju na kapsuli, povlače je, i na taj način, ne samo što natežu kapsulu, nego istovremeno sprečavaju da ne bude uštinuta između zglobnih površina. Mišićne tetive, koje prelaze preko zgloba pri kontrakciji mišićnog tela, privlače zglobne okrajke, i na taj način, aktivno učvršćuju zglob.

Fiziološki položaj zglobova

Ekstremni pokreti, bilo aktivni ili pasivni (maksimalna fleksija, ekstenzija, abdukcija, rotacija isl.), nameću jednoj grupi mišića maksimalno približavanje pripoja, dok su antagonisti u velikoj meri istegnuti, i njihovi pripoji su udaljeni. Slično se dešava i sa mekim tkivima, kapsulama i ligamentima, tako da se oni istežu, a sa suprotne strane se skraćuju. Logično je da su takvi položaji neudobni, i da se oni izbegavaju. Za razliku od ovih, za odmor su najudobniji oni kod kojih su sve mišićne grupe i druga tkiva podjednako olabavljene. Takvi položaji se nazivaju fiziološkim, i karakteriše ih, pored ravnomerne rastegnutosti mišića, i ravnomerna, uravnotežena zategnutost-olabavljenost, ostalog mekog, periartikularnog tkiva, radi čega ti položaji malo nadražuju receptore dubokog senzibiliteta osetljive na istezanje.

Za trup i donje ekstremitete, položaj koji se zauzima pri udobnom ležanju na boku je sličan fiziološkim položajima: laka fleksija glave, laka fleksija kičme u celini, fleksija kukova i kolena u manjem stepenu i laka plantarna fleksija stopala; za ruke-umerena abdukcija, unutrašnja rotacija i fleksija nadlakta, nepotpuna ekstenzija lakta (oko 140 stepeni), dorzalna fleksija šake uz fleksiju prstiju u svi zglobovima, kakva se zauzima kada šaka slobodno i labavo visi.

Funkcionalni položaj zglobova

Iako su najudobniji, fiziološki položaji nisu i najkorisniji, za slučajeve gde, iz bilo kog razloga mora da se izaziva ukočenje izvesnih zglobova, pa m ože doći do delimičnog ili potpunog ukočenja (duga imobilizacija posle izvesnih fraktura). U ovakvim situacijama nije rešenje postavljanje zglobova u fiziološke položaje. Pri operativnim ukočenjima, terapijskim ankilozama, višemesečnim imobilizacijama zglobova, ili fiksiranjem zglobova ortopedskim pomagalima, zglobovima treba dati takve uglove koji će najbolje odgovarati funkciji pod izmenjenim uslovima-bez pokreta u ukočenom zglobu. Ovakvi položaji se nazivaju funkcionalnim položajima.

Funkcionalni položaji nisu stalni za određeni zglob, već se za svaku osobu, za svaki slučaj posebno utvrđuju. Pri tom se mora voditi računa o uzrastu, polu i svim elementima koji mogu biti presudni za dobru funkciju.

Pri odlučivanju koji se ugao primenjuje, u određenom slučaju, svakako treba znati, da li je to najpovoljniji ugao za osobu kod koje ukočenje treba izvršiti razmatranjem svakodnevnih aktivnosti, profesionalnih potreba i estetskih posledica.

Fiziološki aspekti pokreta i uloga mišića

U primeni kineziterapije i korektivne gimnastike polazi se od pretpostavke da pokret mora imati i određeni uticaj na sastavne delove lokomotornog aparata i da se oni zavisno od vrste pokreta mogu modifikovati. Mogućnost da se utiče na pojedine delove aparata za kretanje i jeste osnova za primenu doziranog pokreta, jer se pravilnim izborom pokreta odnosno vežbi ostvaruje određeni korektivni efekat.

Osnovna pretpostavka za primenu korektivne gimnastike je poznavanje normalnog fiziološkog pokreta, jer je mišić osnovni izvršilac pokreta, pa je on i najbitniji, ali ne treba zanemariti ni ostale faktore koji učestvuju u izvođenju pokreta.

Mišići predstavljaju aktivni deo lokomotornog aparata. Aktivnim grčenjem mišićnog tela, mišići razvijaju silu, koja se u vidu napetosti ispoljava na tetivnim pripojim, a za kineziologiju su značajni samo 75 pari skeletnih mišića, koji čine 40 – 50% telesne težine.

6.9 Mehanička građa mišića

Mehaničku celinu mišića čini: telo mišića, mišićni pripoji(tetive) i ovojnice. Samo ako su sva tri dela ispravna, (anatomski i fiziološki), mišić u biomehantičkom smislu može da funkcionise. Mišićno telo predstavlja kontraktilni deo mišića. Svaki mišić ima najmanje jedno telo. Međutim, postoje mišići koji imaju više mišićnih tela, koja, u ovom slučaju, nose naziv glava. Zavisno od broja glava, mišići nose naziv: dvoglavi (m.biceps), troglavi (m.triceps), četvoroglavi (m.quadriceps). Zajednička im je karakteristika, što na jednom kraju imaju jednu zajedničku pripojnu tetivu, a na drugom kraju svaka glava ima svoju pripojnu tetivu.

Mišićna tetiva ima oblik snopa, ali može biti u obliku lista i tada se zove aponevroza.

Deo mišića izvan tetiva je mišićno telo. Njihovo glavno svojstvo je da se mogu skratiti na polovinu dužine koju imaju kada je mišić potpuno izdužen. U ovom skraćivanju tetive ne učestvuju, ali njihova umerena elastičnost znatno doprinosi da se trzaji, nastali kontrakcijom, koja je uvek isprekidana, amortizuju. Stepem skraćivanja mišića zavisi jedino od mišićnog tela, a ne od ukupne dužine mišića. Ta sposobnost skraćivanja vezana je jedino za dužinu mišićnog tela, i na nju ne utiče debljina mišića. Suprotno od ovoga, snaga kontrakcije nije u određenom odnosu prema dužini mišićnog tela, već zavisi jedino od njegove debljine-koja je opet ,sa svoje strane, srazmerna broju mišićnih vlakana koje mišićno telo sadrži.

6.9.1 Inervacija mišića

Periferni nervi, koji se obično nazivaju motornim nervima imaju u svom sastavu veliki broj nervnih vlakana, od kojih je veliki broj mieliziran i čiji se dijametar kreće od 2 do 20 milimikrona. Prema (Coers-u), ova vlakna se dele u dve grupe:

- 40% senzitivnih vlakana koja uglavnom potiču iz neuromišićnog vretena i Golgi-jevog mišićnog tetivnog aparata;
- 60% motornih vlakana, od kojih su sedam desetina Alfa vlakna, a tri desetine Gama-vlakna.

Alfa-motorna vlakna su ona, koja se obično nazivaju motornim neuronima i njihove završne grančice, preko nervne pločice, završavaju se na pojedinim mišićnim ćelijama. Račvanje ovih motornih vlakana počinje još pre prodiranja nerva u mišić, ali se glavno račvanje odigrava u samom mišićnom telu.

Alfa-motorna vlakna prenose nadražaje iz centra ka periferiji, odnosno prema mišićima. Ispitivanja su pokazala (Harpuder), da se i među njima razlikuju dve vrste:

- Debela alfa motorna vlakna i
- Tanka alfa motorna vlakna.

Debela vlakna (koja su vrlo tanka, ali u poređenju sa "tankim", imaju znatno veću debljinu), inervišu mišić fazične akcije; tanka vlakna prenose motorne nadražaje za mišiće čije su kontrakcije tonične i služe za održavanje položaja i stavova protiv zemljine teže. Potiču iz malih motornih ćelija koje u kičmenoj moždini-preko kolaterala i interneurona-deluju inhibitorno na tela velikih motornih ćelija, čime suzbijaju fazične mišićne aktivnosti.

6.10 Motorna jedinica

Broj aksona koji preko perifernog motornog neurva, ulaze u mišić, daleko je manji od broja mišićnih ćelija u tom mišiću. Prema tome u svakoj mišićnoj ćeliji ne odgovara jedan akson i jedna motorna ćelija smeštena u prednjim rogovima kičmene moždine, već je za jednu motornu nervnu ćeliju vezano više mišićnih ćelija, koje ne moraju biti čvrsto grupisane u ista mišićne snopove prvog reda, već se mišićne ćelije iz iste motorne jedinice sreću u većem broju ovih snopova. To dokazuje da veće anatomske formacije, (snopovi I, II, III reda), nisu ujedno i funkcionalne celine (to je dokazano histološkim pregledom mišića kod oštećenja perifernog neurona, a potvrđeno elektromiografski).

Broj mišićnih ćelija, koje ulaze u sastav iste motorne jedinice je različit u raznim mišićima, kao npr: (prema Coers-u i drugim autorima) u lumbricalis I-96 mišićnih ćelija, u interosseus I-305 miš. ćelija, u tibialis ant.-506-592 miš. ćelija, u gastrocnemius ant. -1471-1742 miš. ćelija, biceps brachii-163, sartorius-300, rectus femoris-305, gracilis-507, semitendinosus-2037.

Struktura mišića i shvatanje kontrakcije mišića, ne bi se razumela, ako se ne bi objasnila uloga specijalizovanih mišićnih vlakana, koje formiraju neuromišićno vreteno. Ova mišićna vlakna ne ulaze u sastav motornih jedinica, već i radi toga što inervaciju dobijaju preko finih motornih nervnih vlakana (Gama-vlakna), a posebni značaj dobijaju time, što su u prisnom kontaktu sa senzitivnim nervnim vlaknima osetljivim na istezanje.

Ova mišićna vlakna su smeštena u posebnim formacijama-neuromišićnim vretenima. Ona imaju vrlo slabu kontraktilnu moć, i nisu u stanju da izazovu kontrakciju, koja se može registrovati kao kontrakcija mišića u kome se nalaze.

Njihova funkcija se smatra “servomehanizmom”, služi izazivanju i održavanju posturalne aktivnosti, a sve to omogućava regulisanje aktivnosti motornih jedinica. Ovo vreteno se sastoji od 4-10 poprečno-prugastih vlakana malih dimenzija, okruženih vezivnim omotačem, od koga su izdvojena prostorom koji ispunjava tečnost.

Ovaj prostor je širi u sredini nego na polovima, što celoj formaciji daje izgled vretena, te otuda i njihov naziv. Mišićna vlakna su smeštena duž vretena, od jednog do drugog pola, imaju dve kontraktilne zone na krajevima i između njih nekontraktilni deo, koji odgovara ekvatorijalnom delu vretena, a ispunjen je brojnim jedrima.

G a m a – motorna nervna vlakna se završavaju na kontraktilnim, polarnim delovima vretena, i dopiru do mišićnih vlakana. Srednji deo vretena obavijaju počeci senzitivnih nerava osetljivih na istezanje, a opasuju vretena u vidu ekvatorijalne spirale. Ova senzitivna vlakna registruju svaku promenu dužine vretena, bilo da se ona menja pasivno (izduživanjem ili skraćivanjem mišićnih vlakana vretena aktivnom kontrakcijom ili opuštanjem), i ove promene, u vidu nervnih impulsa, prenosi preko zadnjih korenova kičmene moždine ka centralnom nervnom sistemu.

6.11 Delovanje mišića

Mišići su aktivni deo aparata za kretanje. Delovanje mišića zasniva se na sposobnosti kontrakcije ili stezanja, što nastaje delovanjem impulsa iz centralnog nervnog sistema. Sa prestankom nadražaja prestaje i kontrakcija i mišić se relaksira ili opušta.

Prema Weber-Fikovom zakonu, mišićno vlakno se pri najjačoj kontrakciji može skratiti čak za polovinu dužine što je ima u opštenom stanju. Pri tome se povećava debljina vlakna. Razlika između najveće i najmanje moguće dužine mišića naziva se raspon ili amplituda kontrakcije. Skraćenje celog mišića pri kontrakciji zavisi od dužine i broja vlakana što čine mišić, a takođe i od uglova pod kojima se vlakna hvataju za tetivu mišića.

Sile što nastaju kontrakcijom mišića prenose se putem tetiva na kosti i pokreću ih. Pri tome obično savladavaju određena spoljašnja opterećenja ili otpore, što znači da mišić obavlja neki rad. Kostu koje mišići pokreću, imaju uporišne tačke u zglobovima kao poluge i omogućuju pravilno držanje ili pokretanje pojedinih delova tela. Kao isvaka druga sila, i sila mišića ima četiri osnovne karakteristike, i to: veličinu ili intenzitet, pravac delovanja, smer delovanja i hvatište delovanja mišića.

Smer delovanja mišića određen je i odnosom pravca delovanja mišića prema uporištu uglova, pa se mišići tako mogu podeliti u opružače, pregibače, primicače, odmicače.

Mišići smešteni ispred osovine zgloba, koji međusobno primiču dva zglobna kraja, deluju kao pregibači, fleksori. Mišići smešteni ispred osovine zgloba, a koji deluju suprotno, jesu opružači, ekstenzori.

Mišići koji leže bočno prema zglobu mogu delovati kao odmicači, abduktori, ili primicači, aduktori.

Mišići postavljeni ukoso obzirom na osovinu zgloba deluju kao obrtači, rotatori. Vrlo retko mišić obavlja strogo određeni pokret. Pokreti su obično složeni i često zavise od trenutnog funkcionalnog položaja koštane poluge.

Po delovanju mišići mogu biti podizači, levatori, zatezači, tenzori i ispravljajući, erektori. Mišići deluju u radu različitih organa ili delova tela gde nema koštanih poluga. To su stezači ili kružni mišići, sfinkteri i rastezači ili radialni mišići, dilatatori.

U telu čoveka ima mišića koji deluju samo na jedan zglob, jednozglobni mišići, i mišići koji deluju na nekoliko zglobova preko kojih se protežu dvozglobni i višezglobni mišići. Jednozglobni mišići mogu posredno delovati na zglob preko koga uopšte ne prelaze, pa se govori o daljinskom delovanju mišića.

Pokrete delova i čitavog tela delimo na jednostavne i složene. Jednostavni pokreti su oni koji dovode do gibanja u jednom zglobu.

Na isti zglob mogu istovremeno delovati dva ili više mišića, a pokret u zglobu je rezultanta delovanja njihovih sila.

Prema tome deluju li mišići pozitivno ili negativno na određen pokret zgloba, razlikujemo mišiće sinergiste i antagoniste. Sinergisti potpomažu neki pokret, a antagonisti se suprotstavljaju, tom pokretu. Istovremeno sa akcijom sinergističkih mišića toniziraju se recipročnom inervacijom i antagonistički mišići, nakon čega se opušte. Time se ublažuje početna naglost pokreta (Scherington). Usklađenost delovanja sinergista i antagonista omogućuje odmerenost i stabilnost pokreta delova ili čitavog čovečijeg tela.

Složeni pokreti u čovečijem telu nastaju delovanjem nekoliko mišićnih grupa, pa i celog mišićnog sistema. Pri tome mišići čine kinetičke mišićne nizove, kinetičke mišićne petlje i kinetičke mišićne vijuge.

6.12 Biološko ponašanje mišića

Mišićni sastav ima posebno važnu ulogu u podsticanju razvoja aparata za kretanje. Dobro razvijeni mišići smanjuju opasnost od povređivanja zglobova i kostiju, jer se kontrakcijom suprotstavljaju naglom opterećenju i preuzimaju ga delimično na sebe.

Pojačana aktivnost mišića dovodi do hipertrofije mišića. Poprečni presek mišića je sve veći. Hipertrofijom mišića povećavaju se fiziološki presek i sila mišića.

Smanjen rad ili potpuno mirovanje mišića dovodi do potpune atrofije mišića. Presek mišićnih vlakana se smanjuje. Obim mišića se može smanjiti na polovinu već nakon jednog ili dva meseca mirovanja. Snaga mišića opada. Poremećena inervacija (povreda ili bolest živaca) takođe mogu prouzrokovati atrofiju mišića.

Ako se nakon preloma kost skрати, skraćuju se i mišići što se pripajaju na delove polomljene kosti i njihova se snaga kontrakcije smanjuje. Zato se tokom nekoliko nedelja mišić skрати na dužinu približno jednaku dužini novostvorene koštane poluge. Tako mišići uslovno dobijaju snagu kontrakcije pa tako govorimo o fizičkoj kontrakturi. Slično skraćenje mišića nastaje ako su mišići imobilizirani u skraćenom položaju u sadrenoj udrazi tokom više nedelja (npr. pri prelomu kostiju, povredi zgloba). Često nakon skidanja imobilizacije

treba nedeljama razgibavati skraćene mišiće da bi im se vratila potpuna pokretljivost i prirodna dužina.

Povrede mišića i mišićnih tetiva zarastaju vezivnim ožiljkom. Pri tome se u vezivu stvaraju kolagene niti usmerene u pravcu delovanja mišića. Ali, ožiljak u mišićnom trbuhu smanjuje mišićnu kontrakciju i slabi silu mišića, a pri većem opterećenju preti i pucanjem mišića, pa je gotovo uvek potrebno stvoreni ožiljak operativno odstraniti (Kandel, Keros).

6.13 Mehaničke osobine mišićnog tela

Da bi mišić mogao da funkcioniše, u mehaničkom smislu, on mora imati i određene mehaničke karakteristike.

Mehaničke osobine mišićnog tela su : kontraktilnost, razdražljivost, rastegljivost, elastičnost, viskoznost i mišićni tonus.

KONTRAKTILNOST predstavlja osnovnu osobinu mišića. To je sposobnost tela da se pod uticajem određenih fizičko – hemijskih procesa, koji se u njemu odigravaju, može skraćivati i opoštati. U normalnim uslovima svako mišićno vlakno, pa prema tome i mišićno telo, može se skratiti za 2/3 svoje dužine, a pod uticajem neke spoljne sile, može se rategnuti takođe za 2/3 svoje dužine.

RAZDRAŽLJIVOST je sposobnost mišićnog tela, da reaguje kontrakcijom na direktne i indirektno mehaničke draži. Pod indirektnom razdražljivošću podrazumeva se draženje mišića preko nervnih završetaka ili nerva, a pod pojmom direktna razdražljivost podrazumeva se reakcija mišića na direktno mehaničko draženje mišićnih vlakana. Kao mehanička draž, najčešće se koristi galvanska struja.

RASTEGLJIVOST predstavlja sposobnost mišića da se, do izvesne mere izduži, a da pri tome ne dođe do njegovog kidanja. Rastegljivost je sposobnost mišića, da se, pod uticajem neke spoljne sile, deformiše u smislu izduživanja, smanjujući pri tome debljinu svog tela.

ELASTIČNOST je veoma značajna mehanička karakteristika živih mišića, koja se ogleda u sposobnosti mišića da se nakon istežanja, a po prestanku

delovanja sile, ponovo vrati na prvobitnu dužinu. Rastegljivost i elastičnost su veoma bliske karakteristike živih mišića. Kod obe nastupa deformacija mišićnog tela, samo što se kod elastičnosti, deformaciji mišića suprotstavljaju unutrašnje sile – sile elastičnosti. One su time jače, što je deformacija mišićnog tela veća.

Svako elastično telo, prema tome i mišić, ima granicu svoje elastičnosti. Ako su spoljne sile koje defirmišu telo veće od sila unutrašnjeg otpora koji se suprotstavlja deformaciji, doći će do kidanja mišića. To znači, da kada se pređe stepen elastičnosti nekog tela, njegova deformacija postaje trajna i ono se više neće vratiti u prethodno stanje. Ako se istezanje dalje nastavi, doći će do njegovog kidanja. Elastičnost tela se ispoljava u oba smera, u vidu sabijanja i istezanja, zavisno od delovanja sila na telo.

VISKOZNOST mišića predstavlja njegovu, mehaničku i fiziološku karakteristiku. Sa fizičkog aspekta viskoznost neke tečnosti predstavlja stepen lepljivosti ili unutrašnju koheziju odnosno, unutrašnji otpor slobodnom proticanju. Za jedinicu viskoznosti uzima se kubni santimetar destilisane vode. Alkohol, tečni gasovi (butan, metan, propan), imaju manju viskoznost, a obična voda, sokovi i sl. imaju veću viskoznost. Viskoznost mišića je daleko veća, i na nivou je jako gustog soka, ili rastopljenog šećera. Ali, takvo upoređenje nije moguće, jer mišić nije stalnog i nepromenljivog sastava. Ovo dolazi posebno do izražaja, kada je mišić u kontrakciji i kada se njegov sastav stalno menja. Tada se i viskoznost mišića menja. Što je veća viskoznost, reakcija mišića je sporija (hladan i zagrejan mišić) . Viskoznost u mišiću predstavlja jednu vrstu kočnice, koja sprečava kidanje mišićnih vlakana kod iznenadnih i brzih pokreta. Teorijski posmatrano, kada u mišićima trkača ne bi bilo nikakvog otpora u smislu viskoznosti, postojalo bi konstantno ubrzanje, koje bi moglo da dovede do veoma velike brzine. To bi neizostavno dovelo do kidanja unutrašnjih struktura mišića. Ali, do toga ne dolazi zbog viskoznosti mišića, koja svodi brzinu pokreta na određeni prosek. Što je veća viskoznost, veći je unutrašnji otpor. Što je pokret brži, otpor je eći i obrnuto, što je sporiji, otpor je manji. Na taj način se dobijaju prosečne brzine, koje fizički ne ugrožavaju mišić, (S., M. Obradović).

6.14 Zakon “sve ili ništa” i snaga kontrakcije

Poznato je iz iskustva da istim mišićima mogu vršiti slabe, srednje i jake mišićne kontrakcije. Razlika između mišićnih kontrakcija različite snage nije u tome što se mišićne ćelije snažno ili manje snažno kontrahuju, jer ne postoje “slabe” i “snažne” kontrakcije mišićnih ćelija. Mišićne ćelije, pa prema tome i motorne jedinice kao funkcionalne jedinice, deluju prema zakonu “sve ili ništa”. To znači da se mišićna ćelija koja je primila nervni impuls na kontrakciju uvek skraćuje maksimalnom snagom ili se uopšte ne kontrahuje. Kontrakcije istog mišića različite snage međusobno se razlikuju po broju mišićnih ćelija koje su aktivirane, koje su u kontrakciji.

Kod slabih mišićnih kontrakcija mali broj nervnih ćelija prednjih rogova kičmene moždine nadražen je impulsima koji u njih stižu i reaguju upućivanjem impulsa preko perifernih motornih nerava i mišića. Pošto sve nervne ćelije čiji aksoni odlaze u određeni mišić nisu nadražene, impulse za kontrakciju neće primiti sve motorne ćelije mišića, već samo one koje su, preko aksona, vezane za nadražene nervne ćelije. Mišićne ćelije koje su primile impulse maksimalno se kontrakuju, dok ostale, ne nadražene, ostaju neaktivne.

Ukoliko je nadražaj upućen nervnim ćelijama prednjih rogova kičmene moždine jači, utoliko će više ovih ćelija biti aktivirano, te će, prema tome, i više mišićnih ćelija biti nadraženo, čime kontrakcija postaje jača. Tek pri maksimalnim kontrakcijama, aktivne su sve mišićne ćelije mišića, ali je to izuzetna pojava i ne može se voljno izazvati.

Aktivnost manjeg ili većeg broja motornih jedinica ima uvek isti efekat: povećanje zategnutosti u mišićima koja se prenosi na tetive i koštane pripoje nastojeći da ih približi. Step en ove zategnutosti – snage kontrakcije, određuje centralni nervni sistem, ali se kontrola ovih naloga vrši u samim mišićima, jer neuromišićno vreteno, neobično osetljivo na promenu dužine u mišiću, registruje svaku promenu i obezbeđuje mišićnu samokontrolu putem “povratne sprege – feedback”: senzitivna vlakna vretena reaguju na promenu u smislu izduživanja ili skraćivanja mišića impulsima, koji od spiralnih navoja oko vretena idu ka kičmenoj moždini. Ovi nadražaji, ukoliko izveštavaju o

većem skraćanju od željenog deluju – posrednim putem, u pravcu smanjenja snage kontrakcije – negativne povratne sprege kao što, ako je kontrakcija nedovoljno snažna, registruju suprotnu promenu, tj. suviše veliku dužinu mišića i ponovo, refleksnim putem, dolazi do korekcije, ali sada kao “pozitivna povratna sprega”. Sličnu ulogu imaju i receptori dubokog senzibiliteta u tetivama i zglobnim kapsulama, (Ž. Zec).

6.15 Mišićna snaga

Intenzitet ili mišićna snaga predstavlja silu koju mišić razvija u vidu napetosti na tetivnim pripojima, pri određenoj vrsti mišićne kontrakcije. Zavisno od veličine mišića, mišićna snaga je različita. Postoji veći broj faktora koji utiču na mišićnu snagu. Shodno tome mišićna snaga može biti apsolutna i relativna. I jedna i druga predstavljaju realnu snagu, koja se u vidu napetosti ispoljava na pripojima, zbog čega se ne može meriti – nemoguće je odvajati pripoj. Iz tih razloga, ova snaga je teorijska kategorija, a meri se njena efikasnost, koja se realizuje preko poluga i predstavlja praktičnu kategoriju. Efikasnost može biti manja ili veća od realne snage, što zavisi od više činilaca.

6.16 Relativna snaga

Relativna snaga predstavlja silu pri određenoj kontrakciji, koju mišić u vidu napetosti razvija na tačkama pripoja. Ona je svojstvena samo tom mišiću, i predstavlja njegovu realnu snagu, koja se ne može upoređivati sa snagom drugih mišića. Zato je i definisana kao relativna. To znači, da manji mišić razvija manju snagu, a veći mišić veću, što je u odnosu na relativnu snagu, relativni pojam.

6.17 Apsolutna snaga

Apsolutna snaga predstavlja relativnu snagu, izraženu po santimetru fiziološkog preseka mišićnog tela. Fiziološki presek je presek tela mišića

upravno na pravac pružanja mišićnih vlakana. Za vretenaste mišiće, to je presek na najdebljem mestu. Svođenjem relativne snage na apsolutnu meru - 1cm, omogućeno je njeno upoređivanje, nezavisno od veličine mišića. Ni ova snaga se praktično, ne može meriti. Eksperimentalno je utvrđeno, da se ona kreće u granicama od 6 do 14 kiloponda po santimetru fiziološkog preseka. Faktori koji utiču na ovu snagu su: veličina tela mišića, broj aktiviranih neuromišićnih jedinica, stepen izduženosti, stepen zagrejanosti, stepen zamorenosti i stepen treniranosti.

Veličina mišića je direktno proporcionalna snazi koju, prilikom kontrakcije taj mišić može da razvije. Veći mišić ima veći broj mišićnih ćelija, pa zbog toga može razviti i veću snagu.

Broj aktiviranih neuromišićnih jedinica je od presudnog značaja, obzirom da se radi o voljnoj kontrakciji. Što je veći broj aktiviranih jedinica, i snaga kontrakcije je veća.

Stepen izduženosti je direktno proporcionalan snazi mišića. Snaga mišića zavisi od početne-fiziološke dužine mišićnih vlakana, obzirom, da se mišićna vlakna mogu skratiti samo do 2/3 svoje maksimalne dužine. Ako im je početna dužina iz bilo kog razloga skraćena, snaga mišićne kontrakcije će biti manja za onoliko koliko iznosi skraćenje.

Stepen zagrejanosti je, u određenoj meri, direktno proporcionalan snazi, zbog optimalne temperature, koja je neophodna za odvijanje metabolizma u mišićima. Ako je temperatura niža, ti procesi se sporije odvijaju, što se odražava i na mišićnu snagu. Zato se pre svakog rada sprovodi opšte i lokalno zagrevanje.

Stepen zamorenosti je bitan faktor snage mišićne kontrakcije, jer se iz funkcije isključuju sve zamorene mišićne jedinice. Ako je veći broj zamorenih mišićnih jedinica, a time i isključenih, snaga će biti manja.

Stepen treniranosti u velikoj meri utiče na snagu mišićne kontrakcije. Mišići imaju sposobnost da treningom do određene mere povećaju svoju snagu. Kod mladih organizama, to se postiže povećanjem broja mišićnih vlakana, a kod odraslih povećanjem debljine mišićnih vlakana.

6.18 Efikasna mišićna snaga

Efikasna mišićna snaga predstavlja efikasnost snage mišićne kontrakcije realizovane posredstvom poluge. To je efikasnost relativne, tj. apsolutne snage, realizovane preko koštane poluge. Efikasna mišićna snaga zavisi od : veličine mišića, vrste koštane poluge, kraka poluge preko koje deluje mišić, ugla preko koga deluje mišić, veličine tereta i ugla pod kojim deluje sila tereta.

6.19 Zamor

Pod zamorom se podrazumeva smanjenje sposobnosti za fizički i intelektualni rad koje nastaje posle dugotrajne aktivnosti.

Lagrange (Lagranž) pod zamorom podrazumeva “ smanjenje ili gubitak funkcionalnih sposobnosti nekog organa izazvanih preteranom aktivnošću, koje prati osećaj karakteristične nelagodnosti”.

Dumoulin (Dimulen) definiše kao sindrom, koga karakterišu dve grupe pojava: lokalne i opšte.

Lokalni zamor nastaje kada neki organ bude izložen stalnoj i učestaloj aktivnosti bez pauza za odmor i obnavljanje energetske rezervi potrebnih za njegovo funkcionisanje, i ispoljava se sledećim simptomima: Smanjenjem radne sposobnosti aktuelnog organa, lokalnim neurovegetativnim i vaskularnim promenama, lokalnim metaboličkim promenama, lokalnim histološkim i citološkim promenama i pojavom izvesnih neurohormonalnih, citohormonalnih, enzimatičnih i metaboličkih promena.

Ove promene se ispoljavaju u samom organu dok se ispoljavaju simptomi zamora.

Opšti zamor zahvata ceo organizam i ispoljava se na sledeći način: smanjuju se opšte radne sposobnosti, dolazi do neurovegetativnih pojava, koje dovode do promena u radu kardiovaskularnog i respiratornog sistema, poremećuje se rad glatke muskulature i javljaju se neuroendokrine promene.

Dumoulin navodi da sve psihičke, histološke, biohemijske i endokrine promene ukazuju da zamor spada u stresove – agresivne sindrome, koji se ispoljavaju u akutnoj i hroničnoj formi, a mogu dovesti i do neželjenih posledica – akutnog infarkta miokarda.

Pojava zamora se može objasniti na dva načina:

- intenzivni rad kod zdravih osoba dovodi do stresa i
- osoba smanjenih funkcionalnih sposobnosti podvrgnuta aktivnostima umerenog intenziteta to ne može podneti, jer su organski sistemi oslabeledi.

Ako se izvesna grupa mišića podvrgne nekom tretmanu u dužem vremenskom intervalu, i pri tome se meri snaga mišića, posmatra preciznost pokreta, i očekuje se pojava znakova zamora, konstatuje se da odgovori na nadražaje slabe. Ako se sa ovakvim aktivnostima nastavi, može doći do iscrpljivanja aktivnih mišića i prolaznog gubitka za rad. Ovde nije u pitanju zamor motornog nerva i mišića, već se radi o zamoru čije je sedište u sinapsama centralnog nervnog sistema i iscrpljivanju neuromišićnih pločica. Dalja ispitivanja su pokazala da se lakše zamaraju multisinaptički refleksi od prostih, što ukazuje na zamor sinapsi kao važan element pojave koju nazivamo mišićnim zamorom.

Postoje i nekoliko teorija koje objašnjavaju prirodu pojave zamora. One su:

- Nagomilavanje mlečne kiseline u mišićima i krvi,
- Poremećaj ćelijske jonske ravnoteže tokom zamora se ogleda u padu koncentracije K-jona i povećanje koncentracije jona natrijuma i hlora,
- Autointoksikacija produktima metabolizma se ispoljava dejstvom na nero-mišićnu pločicu koja je paralisana kao kada na nju deluje otrov kurare, što se pripisuje toksinima zamora,
- Dok se izolovani nerv ponaša kao nezamorljiv, pod fiziološkim uslovima motorni nervi nisu u stanju da prenose impulse,
- Duži mišićni rad dovodi i do zamora viših centara, koji koordiniraju i kontrolišu mišićnu aktivnost. Zamor ovih centara se manifestuje netačnim pokretima.

Po navodima Basmađana zamor je kompleksan fenomen, različit po uzrocima i načinu nastanka. On ističe da postoji zamor emotivne prirode, koji se razlikuje od zamora centralnog nervnog sistema, opšteg zamora ili neuromišićnog perifernog zamora posebne vrste.

Šerer i saradnici su zaključili da direktan zamor mišićnih vlakana nije moguć, ali ističu da je suština zamora vrlo kompleksan fenomen, što je tačno ali neprecizno.

Harpruder zapaža dva razloga koji mogu dovesti do zamora, i to mogu biti : proizvodi metabolizma u samom mišiću i poremećaj neuromišićne transmisije u samom mišiću. Ovaj drugi razlog autor ističe kao bitniji i češći razlog zamaranja, a proističe:

- kao presinaptički zastoj praćen slabljenjem acetilholinske reakcijem i povećanjem praga nadražljivosti završnih nervnih pločica koje prenose nervne nadražaje na mišićna vlakna,
- kao postsinaptički prekid nastao podizanjem praga nadražljivosti mišićnih vlakana.

U oba slučaja posledica je ista: smanjena je propustljivost za nevne impulse, što iziskuje povećanje njihove frekvencije i na kraju dovodi do zamaranja njihovih sinapsi, na prvom mestu onih u prednjim rogovima kičmene moždine (za motorne nervne ćelije perifernih neurona).

Na osnovu prethodnih saznanja zamor se može podeliti na lokalni-pojedinih mišićnih grupa i opšti.

U pogledu vremena nastajanja zamora on se može shvatiti kao akutni-posle intenzivnog rada ograničenog trajanja i hronični-nastaje zbirnim delovanjem raznih faktora koji dovode do zamaranja, a čije delovanje traje danima, bez dovoljnih perioda pauza potrebnih za oporavak.

Mišićni rad u početku aktivnosti povoljno deluje na snagu kontrakcije jer podizanjem lokalne temperature tokom aktivnosti u mišiću se stvaraju povoljni uslovi za biohemijske procese na kojima počiva kontrakcija. Ako se sa mišićnim radom i dalje nastavi bez odmaranja javlja se zamor, koji se manifestuje sporim kontrakcijama, nepreciznim pokretima i pojavom bola u

aktivnim mišićima. Vrsta zamora vezana za mišiće koji su kratko, ali zamorno radili naziva se akutnim lokalnim zamorom. On se naziva tako jer nastaje relativno brzo, posle nekoliko sati, a nekad se javlja i posle nekoliko minuta mišićnog rada. U ovakvim slučajevima se preporučuje da se sa mišićnim radom prestane.

Dugotrajni i intenzivni napori dovode do zamaranja koje zahteva i duže pauze odmaranja. Takav je težak fizički rad i dugotrajno pešačenje. Ako je period odmora nedovoljan, a nova fizička aktivnost otpočne pre neutralisanja simptoma prethodnog zamora, nastaju kumuliranja zamora, koja ga pretvara u hronični. Ovo se može sresti kod slučajeva kada fizički rad ne zahteva veliki utrošak energije u jedinici vremena, ali nameće stalnu aktivnost tokom više časova dnevno, a sve to traje mesecima. Može se češće sresti kod ljudi koji obavljaju monotone poslove uz mali utrošak energije, a osim toga obavlja se protiv volje ili u sredinama gde se osoba ne oseća prijatno. U tom slučaju radi se o zamoru psihičke prirode.

Hronično zamorena osoba-premorena žali se na umor i posle noćnog odmora, javlja se dremljivost, apatija i ravnodušnost na sva događanja u njenoj okolini, smanjena je koncentracija, razdražljiva je, a kao objektivni pokazatelj javlja se smanjena telesna težina.

Posle dužeg odmaranja, promene sredine, promene radnog mesta hronični zamor se gubi i objektivni i subjektivni simptomi nestaju. Ako se pak, ovakva vrsta zamora potceni može doći do psihoneuroza i trajne nesposobnosti, što zavisi od psihičke konstitucije, uslova života, reagovanja okoline u kojoj se kreće.

Ovo nameće zaključak, da se mora uočiti veza između fizičkog rada i psihičkog stanja u nastajanju zamora (pojave zamora se javljaju znatno kasnije kada se fizički rad obavlja u vedroj atmosferi i kada postaje zainteresovanost da se u radu istraje).

Sportska takmičenja manje zamaraju, odnosno zamor se ne oseća dok ono traje, ukoliko postoji zadovoljstvo i uspeh u tome. Strah odlaže pojave i manifestacije zamora, koji postaju uočljivi čim razlozi za strah prestanu. Rad uz prijatnu muziku i pesmu, smeh i šalu mnogo manje zamara, nego ako takve

atmosfera nema. Rad koji je nametnut, brzo umara, kao što se i pre javlja, ako se on izvodi u deprimiranom stanju. Zato se mora voditi računa o intenzitetu fizičkog rada i psihičkom stanju ukoliko se želi da se zamor kontroliše i opterećenje dozira.

6.20 Podela mišića

Iako to nije uvek opravdano, svi skeletni mišići se mogu svrstati u nekoliko grupa, u zavisnosti od kriterijuma koji se uzima za podelu. Kao najviše korišćen kriterijum u korektivnom radu je sposobnost za kontrakciju i dekontrakciju prema kojoj se skeletni mišići mogu podeliti na: mišiće pokreta (kinetičke mišiće), ili mišiće brzine, i mišiće snage (tonostatički mišići), ili tonične mišiće.

Mišići pokreta karakterišu se time što su njihove motorne jedinice (periferni nervi ili motorni neuron ili alfa motorna vlakna, aksoni ili završne grančice motornog neurona, nervna pločica i mišićna ćelija), sastavljene od malog broja mišićnih vlakana. Imaju relativno veliku dužinu u odnosu na debljinu, vrlo su kontraktilni i elastični, vreme hronaksije je malo (0,1 do 0,3), blede su boje i brzo se zamaraju. Sposobni su za brze kontrakcije i pokrete velike amplitude, ali relativno male snage. Ovakvi mišići se prvenstveno sreću na ekstremitetima. Izvesni mišići kao što su: biceps femoris, semimembranosus i semi tendinosus su manje tipični predstavnici ove grupe, već i zbog toga što im je vreme hronaksije duže (0,5 do 0,7 ms).

Tonični mišići spadaju u drugu grupu, i pokazuju suprotna svojstva. Pored visokog tonusa to su slabo kontraktilni i malo elastični mišići, čija je hronaksija znatno duža, a oblik im je drugačiji, pa su po pravilu debeli i kratki. Oni su tamno crvene boje, sposobni su za dugotrajna naprezanja, pošto su manje zamorljivi. Prilagođeni su za spore pokrete protiv jakog otpora, pri čemu se malo skraćuju, pa je i amplituda pokreta ovih mišića mala.

Ovakva podela, i ako šematska, ima svog opravdanja. Poznato je da mišići mogu, za vreme kontrakcije, da smanje dužinu svoga trbuha (koji je kontraktilni deo, dok tertive nemaju sposobnost skraćivanja), na oko polovine dužine u stanju opuštenosti. Iz toga proizilazi da mišići sa velikim trbuhom

mogu više da se skrate i prema tome im je amplituda veća. S druge strane zna se da ukoliko mišić ima više mišićnih ćelija, utoliko je deblji pa mu je i snaga veća, pošto je snaga mišića upravo srazmerna površini poprečnog preseka kroz mišićno telo. Otuda debeli mišići, koji su najčešće i kratki, imaju veću snagu.

Pogrešno bi bilo zaključiti da sve skeletne mišiće možemo svrstati u dve navedene grupe. Pored ove dve grupe, postoji čitav, niz prelaznih oblika. Prema tome, da li kod tih oblika dominiraju osobine slične jednoj ili drugoj grupi možemo zaključiti kako se oni ponašaju i kakvu ulogu igraju u izvođenju pokreta.

Prema ulozi u izvođenju određenog pokreta svi skeletni mišići se svrstavaju uglavnom u četiri grupe.

Agonisti su mišići koji direktno vrše određeni pokret. Dakle, to su glavni izvršioci određene radnje.

Antagonisti su mišići čiji tetivni pripoji prelaze preko zgloba sa suprotne strane od pravca pružanja tetive mišića agoniste prema istom zglobu. To znači da bi ovi mišići ometali svojom kontrakcijom delovnje agonista i sinergista ili bi ih čak, i onemogućavali. Obzirom da se koordinacija ne ogleda samo u skladnosti, već i u ekonomičnosti pokreta prirodno je da su oni opušteni-zakon recipročne inervacije po Šeringtonu. U nekim slučajevima ovaj zakon ne važi, i to kod snažnih kontrakcija agonista i sinergista, antagonisti se takođe kontrakuju i time otežavaju zadatak mišića agonista, ali zato štite zglob od luksacije i preterane amplitude pokreta, koja bi mogla da dovede do povrede zgloba ili drugih tkiva.

Sinergisti su mišići koji pomažu akciju agonista. To su pomoćni mišići, koji dopunjavaju akciju glavnih, i u situacijama kada su glavni mišići sprečeni da izvrše pokret, zbog slabosti ili oštećenja, onda oni delom preuzimaju njihovu ulogu.

Dok svaki agonista može da izvede pokret u pravcu pokreta, tj. u pravcu skraćivanja, sinergisti pomažu ovu akciju i na taj način što koriguju pravac koji nameće agonista.

Neutralizatori su ona grupa mišića čiji je prevashodni zadatak da neutrališu izvođenje nepotrebnih pokreta, te na taj način omogućuje potpunije dejstvo glavnih mišića, tako da se pokret realizuje u punom obimu.

Fiksatori imaju zadatak da fiksiraju - stabilizuju odgovarajući segment, odnosno deo lokomotornog aparata i tako omogućuje da se akcija izvrši u željenom pravcu.

6.21 Mišićni tonus

Mišićni tonus je izvesna stalno prisutna napetost mišića u miru.

Nekad se verovalo da je tonus rezultat sarkoplazmatičnih kontrakcija koje nestaju pod dejstvom simpatikusa; zatim, da je tonus rezultat cerebrospinalnih nervnih nadražaja refleksne prirode i fibrilnog porekla, a pod kontrolom nucleus ruber-a, (Ž. Zec).

Zahvaljujući primeni savremenih uređaja poslednjih godina se menja mišljenje o tonusu. Na osnovu elektromiografskih ispitivanja, Basmajan je konstatovao da je shvatanje prema kome je mišićni tonus rezultat " mišićne aktivnosti koja ne prestaje ni za vreme odmora ", ustvari termin kojim se u fiziologiji žele opisati karakteristike mišića, koji je pod kontrolom centralnog nervnog sistema. U svojoj knjizi "Muscles Alive" on konstatuje da za vreme potpunog mirovanja ne postoji nikakva mišićna aktivnost, kao što ni motorni nervi ne pokazuju znake aktivnosti. To ne znači da definiciju tonusa treba izbrisati, nego je korigovati. Poznato je da je izvesna napetost koja postoji u mišićima za vreme potpunog mirovanja ustvari rezultat pasivne elastičnosti mišića i fibroznog nekontraktilnog tkiva, koje ulazi u sastav mišića (tetine, fascije, septumi i sl.), na koju se mogu nadovezati refleksni mišićni odgovori na nadražaje, kojima je CNS neprekidno izložen. Znači, pasivnim zatezanjem mišići ne gube svoj tonus čak i kada ne dobijaju nikakve nadražaje, koji prouzrokuju neuromišićnu aktivnost. Pri kliničkim ispitivanjima, kako navodi Zec, zdrav i opušten mišić, a još više spastičan na slabu palpaciju reaguje slabim kontrakcijama, zbog čega se verovalo da mišić u miru vrši slabe kontrakcije. To je elektromiograf potpuno opovrgao i zdrav mišić pri potpunoj

relaksaciji nije pokazivao nikakve električne potencijale, pa je konstatovana "elektromiografska tišina".

6.22 Kontrakcija i dekontrakcija mišića

Smatralo se da je kontrakcija mišića aktivnost tokom koje on nastoji da svoje pripoje približi centru tela. Međutim, utvrđeno je da svaka kontrakcija to ne postiže, već da se u izvesnim slučajevima pripoji udaljavaju, tj. da se mišić pri kontrakciji izdužuje, a da u nekim kontrakcijama praktično ne menja svoje stanje. Na osnovu ovoga može se zaključiti da kontrakciju ne karakteriše uvek promena dužine mišića, već aktivnost tokom koje on utrošenu energiju pretvara u napetost kojom vuče svoje pripoje u pravcu skraćivanja, (Ž. Zec).

Postoje tri vrste kontrakcija kojima se služimo u korektivnoj gimnastici i to su: koncentrična (približavanje pripoja mišića), ekscentrična (udalžavanje mišićnih pripoja) i statička-izometrijska (mišićni pripoji ostaju na istoj udaljenosti).

Kod ekscentrične kontrakcije dolazi do udalžavanja pripoja, pri čemu se povećava zategnutost mišića, a i sam tonus, dotle kod dekontrakcije nastupa olabavljenje uz smanjenje tonusa. Ovo izduženje može biti dvojako, pa razlikujemo dve vrste mišićne elastičnosti.

Povećanje naprezanja jedne grupe mišića istovremeno izaziva slabljenje tonusa u njihovim antagonistima putem Šeringtonove recipročne indukcije. Ova pojava neophodna je za obavljanje aktivnih voljnih pokreta, jer sprečava da se zatezanjem antagonista zaustavi skraćivanje agonista.

Opuštanje mišića regulisano nervnim putem, bez učešća spoljne sile, sreće se kao propratna pojava kontrakcije antagonističkih mišićnih grupa po zakonu recipročne inervacije ili kod potpune relaksacije. Ovo izduženje nije samo pasivno već je regulisano iz viših centara i prethodi kontrakciji antagonističke grupe, te se zbog toga naziva aktivnom ili fiziološkom elastičnošću.

Zahvaljujući pasivnoj elastičnosti kontrakcije antagonista se izvode skladno, lako i bez trzaja i savlađivanja otpora koji bi pružali ovi mišići da nisu

prethodno opuštenu. To je sposobnost mišića da se posle maksimalnog izduženja (izazvanog delovanjem antagonista) i dalje istegne do izvesne mere pod dejstvom neke spoljašnje sile, a da ne dođe do kidanja mišićnog tkiva. U ovom istezanju mišić aktivno ne učestvuje, već se ono izvodi pod dejstvom inercije, težine, ali prekoračenjem pasivne ili fizičke elastičnosti može doći do kidanja samog mišića.

U kineziterapiji i korektivnoj gimnastici se koriste kontrakcije preko kojih se postiže ispravljanje određenih poremećaja. Suština svake kontrakcije je povećanje napetosti mišića - unutrašnje tenzije, koja dovodi do vučenja pripoja ka centru mišićnog tela. Bez obzira da li će se tokom kontrakcije pripoji međusobno približiti, ostati na istom rastojanju, ili čak udaljiti, svaka aktivnost mišića zasnovana na akciji određenog broja motornih jedinica uvek ima istu težnju. To znači da se u korekciji posturalnih poremećaja primenjuju i koncentrične i ekscentrične i statičke ili izometrijske kontrakcije.

Koncentrična kontrakcija je aktivno skraćivanje mišića, odnosno takva vrsta kontrakcije, gde se za vreme mišićne aktivnosti mišićni pripoji približavaju uz istovremeno povećanje obima mišićnog tela.

Postoji mnogo primera za ovu vrstu aktivnosti, a navešćemo npr: pregibanje podlakti i pregibanje podkolenice iz stojećeg stava. U oba slučaja mišići fleksori se skraćuju, i ako im težine segmenata pružaju otpor.

Prema vrsti pokreta koji u datom momentu izvode mišići se dele na pregibače (fleksore), opružače (ekstenzore), privodioce (adduktore), odvodioce (abduktore), obrtače (rotatore) itd.

Ekscentrična kontrakcija je takva mišićna kontrakcija tokom koje se dužina mišića aktivno povećava, a pripoji udaljavaju. Ovde se javlja prividna kontradikcija, između suštine kontrakcije, tj. približavanje pripoja mišića tokom kontrakcije, dok kod ove vrste kontrakcije dolazi do udaljšavanja tih pripoja dok je mišić u akciji.

Ukoliko je efekat kontrakcije manji od efekta sile otpora mišić će biti nadvladan i izduživaće se. Ali, ne treba gubiti iz vida da finim mehanizmima kontrole jačina kontrakcije je podešena tako da se pokret odvija pod dejstvom

sila koje se suprotstavljaju kontrakciji, ali pod kontrolom aktivnih mišića. Znači, mišićna aktivnost koči i usmerava delovanje sila otpora u pravcu željenog pokreta, koji iziskuje da se mišići u kontrakciji lagano i kontrolisano izdužuju.

Evo primera za ekscentričnu kontrakciju: podizanje jednog predmeta postavljenog na sto vrši se protiv sile zemljine teže i aktivni mišići se skraćuju (mm. ramena i fleksori podlakta). Šaka i prsti drže predmet u svim fazama pokreta - statička kontrakcija. Vraćanje predmeta na sto bi se odvijalo pod dejstvom sile zemljine teže, bez učešća mišića. Dakle, predmet bi počeo da pada od momenta kada bi mišići koji ga podižu prestali da se kontrahuju. Da bi se ovaj pad ublažio i predmet lagano spustio delovanje sile zemljine teže treba usporiti. To će uraditi mišići koji su po svom dejstvu suprotni zemljinoj teži, dakle isti mišići koji su prethodno koncentričnim kontrakcijama podizali predmet. Ali ovog puta njihove kontrakcije ne smeju biti toliko jake da savladaju silu teže, već da je smanje, kako bi se pokret odvijao pod njenim dejstvom, ali usporeno.

Statička kontrakcija je aktivnost mišića kod koje ne dolazi do pokreta, već do održavanja položaja. Energija samog mišića i sile koje se protive skraćivanju mišića su izjednačene, uravnotežene i pošto su suprotnog dejstva rezultat je mirovanje u određenom položaju.

Statička kontrakcija je sinonim za izometrijsku kontrakciju. Ona je najčešće i izotonična, pošto se pri održavanju položaja snaga kontrakcije ne menja. Ali, i ovde ima dosta izuzetaka. Ako ispod česme držimo bokal to je statička-izometrijska kontrakcija, ali je i izotonična. Ali kako se bokal se puni vodom, snaga kontrakcije raste, sada je u pitanju izometrijska kontrakcija, samo ovog puta nije i iste snage, odnosno nije i izotonična. Ova vrsta kontrakcije još ima poseban značaj, jer deluje u pravcu povećanja debljine mišića, time što se u miofibrilima povećavaju zalihe materija potrebnih za hemijske procese pri kontrakcijama.

Francuski fiziolog Paul Chaille-Bert tvrdi da je nemoguće kod istog mišića istovremeno povećati elastičnost i tonizirati ga. Smatra da su elastičnost i tonus, koji raste sa povećanjem snage mišića, dva suprotna svojstva. Obrnuto,

mišić koji vrši brze, eksplozivne pokrete u toku terapije, on se naizmenično kontrahuje i dekontrahuje i na taj način povećava kontraktilnost i elastičnost, istovremeno tonus slabi, jer postaje siromašniji glikogenom u sarkoplazmi.

Iz ovoga se može zaključiti da statičke kontrakcije deluju u pravcu povećanja mišićne snage.

Između statičkih kontrakcija i sporih ekscentričnih i koncentričnih kontrakcija ne postoji velika razlika, jer se jedne približuju drugima, pa se prema tome efekat sporih kontrakcija, koje nisu statičke, ali dovoljno dugo traju, može uporediti sa efektom statičkih kontrakcija.

Poznato je da na dužinu mišića može da utiče način kontrahovanja, tj. amplituda pokreta u kojoj se ta aktivnost odvija. Poznata su četiri načina, kojima se može delovati na dužinu mišića, kako bi im se dužina menjala prema momentanim potrebama tokom rada.

Maksimalno izduživanje - maksimalno skraćivanje mišića

Pri ovakvoj mišićnoj kontrakciji kada se pokret vrši u maksimalno mogućoj amplitudi, koju spoljni faktori dozvoljavaju, dolazi do sledećih promena u mišiću: telo mišića se izdužuje, tetiva se skraćuje, ukupna dužina mišića se uopšte ne menja ili vrlo malo, a amplituda mogućeg pokreta ipak raste zbog toga što je kontraktilni deo - mišićni trbuh duži.

Nepotpuno skraćivanje - maksimalno izduživanje mišića

Ovakva vrsta kontrakcija dovodi do skraćivanja tela mišića i dovodi do smanjivanja amplitude pokreta: tetiva mišića se izdužuje, zbog promene dužine tetiva i mišićnog tela ukupna dužina raste, a amplituda pokreta se smanjuje, jer je kontraktilni deo-mišićni trbuh skraćen u odnosu na dužinu pre početka primenjivanja ovakvih kontrakcija. Vrlo često ovakve pokrete možemo sresti u korekciji lordotičnog lošeg držanja.

Potpuno skraćivanje - nepotpuno izduživanje mišića

Ovakve kontrakcije, ne dozvoljavaju da se mišić maksimalno izduži, a nameću se kontrakcije sa potpunim skraćivanjem, deluju na mišić tako da se:

telo mišića skraćuje, tetiva se ne izdužuje, i zbog toga se ukupna dužina mišića smanjuje, a amplituda pokreta opada. Ova vrsta kontrakcije je pogodna kod mišića čija je dužina prevelika, pa se amplituda pokreta vrši preko fizioloških granica.

Nepotpuno izduživanje - nepotpuno skraćivanje mišića

Mišić aktiviran na ovaj način menja se i dobija sledeće karakteristike: telo mu se skraćuje, tetiva se malo izdužuje, amplituda pokreta znatno opada, sam mišić postaje kratak i masivan, deblji nego što je ranije bio. To je kontrakcija pri kojoj se ne koristi ni potpuno izduživanje, ni potpuno skraćivanje.

Prirodna prilagođenost mišića na razne vrste kontrakcija

Mišiće koji su po prirodi predodređeni za dugotrajne kontrakcije treba tretirati tako da se razvija njihova izdržljivost, kod mišića koji se angažuju pri snažnim kontrakcijama treba razvijati snagu, a kod mišića koji vrše brze kontrakcije i pokrete velike amplitude, treba razvijati brzinu, a kod mišića koji su predodređeni za precizne pokrete, a odlikuju se brzinom i tačnošću, treba razvijati ta svojstva.

Mišići ekstremiteta treba da poseduju sposobnost brzih pokreta velike amplitude. Zato će se i korektivnim vežbanjem nastojati da se ta svojstva i razvijaju.

Mišići kičmenog stuba su tipični predstavnici antigravitacionih mišića pa ih treba tonizirati, pripremati da vrše spore koncentrične i ekscentrične, ili statičke kontrakcije i protiv otpora. Pri tome se leđni deo priprema pokretima umerene amplitude, od nepotpunog izduživanja do potpunog skraćivanja, lumbalni deo pokretima u kojima je isključivo prisutna amplituda od nepotpunog skraćivanja do potpunog istezanja i tako se naglašava njihova pravilna funkcija.

Trbušna muskulatura prvenstveno služi za održavanje stojećeg i sedećeg početnog položaja, mada ima funkciju i kod disanja u inspirijumu. Zbog toga je potrebno povećavati tonus i snagu statičkih i koncentričnih kontrakcija i protiv otpora, a izbegavati njihovo potpuno istezanje. Zato se u ovom slučaju koriste

amplitude pokreta koje se kreću od maksimalnog skraćivanja do nepotpunog izduživanja.

6.23 Slobodni i fiksirani mišićni pripoj

Kontrakcija je aktivnost mišića tokom koje se mišić skraćuje ili bar nastoji da se skрати određenom snagom, koja prvenstveno zavisi od broja aktivnih motornih jedinica. Aktivni mišić deluje na svoje aktivne pripoje vukući ih preme centru mišićnog tela snagom koja je srazmerna veličini kontrakcije. Na osnovu toga treba očekivati da svaka kontrakcija ima za posledicu povlačenje oba ili više pripoja centru mišićnog tela, te da će mišićna aktivnost dovesti po snazi jednakog privlačenja koštanih poluga, na koje se mišić svojim tetivama pripaja u pravcu njegovog skraćivanja.

Poznato je da pri brojnim mišićnim kontrakcijama tokom izvođenja pokreta kao posledica aktivnosti pojedinih mišića ili mišićnih grupa konstatuje se da se snaga kontrakcije manifestuje upravo delovnjem samo na jedan mišićni pripoj- kontrakcijom fleksora podlakta pomera se podlakt prema nadlaktu i pripoj na kostima podlakta se približava pripoju na nadlaktu

Mišić ne može svoju kontrakciju orijentisati prema jednom od svojih pripoja, a drugi ostaviti van uticaja svojih kontrakcija. Radi se o koordiniranoj akciji više faktora koji dozvoljavaju da se kontrakcija manifestuje na jednom od mišićnih pripoja, iako drugi pripoj ili pripoji nisu pošteđeni uticaja sile trakcije prema centru mišićnog tela. Sila trakcije nepokretnog pripoja ne dolazi do izražaja, zato što je neka druga sila neutralisala delovanje na nepokretni-fiksirani pripoj.

Prilikom kontrakcije bez obzira što oba pripoja trpe istu trakciju u pravcu skraćivanja mišića, u brojnim pokretima jedan pripoj se ponaša kao slobodan i reaguje na kontrakciju, dok se drugi ponaša kao fiksiran, i ne ispoljava na manifestan način reakciju na mišićnu kontrakciju. Ovakvo ponašanje mišićnih pripoja tokom kontrakcije je nametnulo pojmove slobodni i fiksirani mišićni pripoj.

Slobodni pripoj je onaj na kome se efekti kontrakcije ispoljavaju pokretom poluge na kojoj se taj pripoj inserira.

Fiksirani pripoj označava mišićna insercija na koštanoj poluzi koja tokom kontrakcije ostaje nepokretna.

Činjenica da postoje primeri aktivnosti kada je jedan pripoj slobodan, a drugi fiksiran, kada su oba pripoja fiksirana i oba pripoja slobodna, ukazuju na mogućnost da su u toku mišićne aktivnosti sve kombinacije moguće. U praksi su najčešći slučajevi, kada je jedan pripoj fiksiran, a drugi slobodan (većina pokreta), i kada su oba pripoja fiksirana (održavanje položaja i stavova tela ili pojedinih segmenata).

Pod dejstvom sile koja nastaje mišićnom kontrakcijom slobodni pripoj se pomera u pravcu delovanja kontrakcije, a u nekim slučajevima i u suprotnom pravcu-ako je otpor efikasniji od same kontrakcije (ekscentrična kontrakcija). Teže je shvatiti mirovanje, fiksiranost samo jednog pripoja koji je izložen istom dejstvu kao i slobodni pripoj.

Fiksirani pripoj ostaje nepokretan zato što ga neka sila u tome sprečava, i to spoljna sila u odnosu na mišić. To su najčešće težina tela – pojedini segmenti, ili kontrakcije udaljenih mišića, koji svojom aktivnošću stabilizuju jednu koštanu polugu, uvek onu na kojoj je fiksiran pripoj.

Fiksirani pripoj nije nepokretan zbog toga što mišićna kontrakcija na njega ne deluje, već zato što je delovanje kontrakcije na taj pripoj neutralisano nekom silom koja je, po svojoj efikasnosti jednaka sili trakcije nastale kontrakcijom aktivnog mišića ili je veća od nje.

6.24 Uloga antagonista u izvođenju pokreta

Rad izvesnih mišića i pokret koji je nastao njihovom kontrakcijom nije rezultat samo njihove aktivnosti, već u tome učestvuju i razne mišićne grupe, od kojih jedna stabilizuje susedne i udaljene zglobove (mišići fiksatori), a druga vrši kontrakcije kojima se usporava ili na drugi način reguliše pokret (mišići sinergisti).

Mišićna grupa čija bi kontrakcija delovala suprotno od kontrakcije mišića agonista, nazivaju se antagonistima, a nervni impulsi za njihovu aktivnost u pokretu podležu zakonu recipročne inervacije (Sherington). Ovi mišići su po pravilu opušteni. Prema efektu kontrakcije antagonista može se govoriti i o njihovoj ulozi u regulisanju brzine i zaustavljanju pokreta, pa čak i o održavanju pravca pokreta.

U slučaju kada antagonisti eliminišu jednu od aktivnosti agonista, oni dozvoljavaju samo pokret u određenom pravcu. Primer za ovo je supinacija podlakta protiv jakog otpora. Kod supinacije podlakta kod malog otpora dovoljna je aktivnost m. supinator-a. Ali, ako se kod ovog pokreta mora savladati jači otpor, u akciju stupa m. biceps brachii, koji je supinator i pregibač podlakta. Da bi se izbegla fleksija podlakta, u pokret se uključuje m. triceps brachii-antagonist, i on svojim kontrakcijama onemogućuje fleksiju podlakta, ali se ne suprotstavlja supinaciji, koju vrši m. biceps brachii. Ovde je antagonist preuzeo ulogu fiksatora.

Kod statičkih kontrakcija agonista mišići antagonista su olabavljeni. Ako se položaj održava protiv otpora koji može delovati istovremeno ili naizmenično u raznim pravcima, kao što je slučaj kada flektirani podlakt održavamo protiv nastojanja nekoga ko želi da ga pokrene u nepoznatom pravcu, u stabilizovanju položaja pored mišića koji savladavaju težinu segmenta, učestvuju i antagonisti. Kontrakcije agonista i antagonista su statičke, rezultat je čvrstao fiksiranje zgloba.

Pri izvođenju sporih pokreta nadražaj na kontrakciju agonista je praćen impulsima za olabavljenje antagonista, čime se omogućuje kontrakcija prvih

bez trzanja i sa minimalnom snagom. Nadražaj za opuštanje antagonista stiže pre nadražaja za kontrakciju agonista. Ukoliko se radi o kontrakcijama promenljive brzine, antagonisti mogu biti povremeno u kontrakciji i time usporavati pokrete koje vrše agonisti.

Brze i kratkotrajne akcije agonista daju početni impuls za nagle pokrete. Antagonisti su najpre olabavljeni, a zatim se naglo kontrakuju da bi usporili ili sasvim zaustavili pokret pre nego što dođe do sudara koštanih delova zgloba, ili pre nego što istezanje mekih tkiva postane bolno.

Naizmenični pokreti pri kojima se smanjuju kontrakcije agonista i antagonista-brza i naizmenična pronacija i supinacija podlakta, zahtevaju da antagonisti na kraju prvog pokreta vrše usporavanje i potpuno zaustavljanje pokreta, koji su započeli agonisti, a ova se kontrakcija odmah nastavlja i koristi za izvođenje suprotnog pokreta. Na taj način su antagonisti za prvi pokret, postali agonisti za suprotni. U ovim slučajevima hronaksije agonista i antagonista imaju iste vrednosti. To je u saglasnosti sa stavovima Bourguignon-a (Burginjon), da voljna kontrakcija jedne mišićne grupe izaziva promenu hronaksije antagonističke grupe u smislu izjednačenja vrednosti obe hronaksije.

6.25 Delovanje više zglobnih mišića

Postoji čitav niz mišića čije kontrakcije deluju istovremeno na više koštanih poluga, odnosno na više zglobova. To su višezglobni mišići-poliartikularni, u koje možemo svrstati: m. triceps brachii (deluje na lakatni i rameni zglob), m. rectus femoris (deluje na zglobove kuku i kolena), m. gastrocnemius (deluje na skočni zglob, zglob kolena, zglob između petne i skočne kosti), mm. semimembranosus, semitendinosus i biceps femoris (svi deluju na zglob kuka i zglob kolena) itd.

Svi ovi mišići mogu delovati na svaki od zglobova sa čijim su zglobovima u vezi, kao i na sve zglobove, koji se nalaze između tih poluga. Kao opšte pravilo može se uzeti da imaju prvenstvenu funkciju i ona njihovo dejstvo ograničava na najdistalniji od svih zglobova preko kojih mišić prelazi.

Ovo pravilo ima i svojih izuzetaka. Tako se za m.sartorius ne može reći da je prvenstveno fleksor kolena, pošto mu je uloga u fleksiji kuka daleko značajnija. Takođe je poznata činjenica da fleksori potkolenice (mm.semimembranosus, semitendinosus i biceps femoris), aktivno učestvuju u ekstenziji nadkolenice.

U vezi ovoga F. Vandervael ističe “ da stvarnu ulogu poliartikularnih mišića ne možemo utvrditi jedino ispitivanjem njihovih anatomskih odnosa, kao što je to slučaj sa monoartikularnim mišićima. Njihovo učešće u jednim i pasivnost u drugim pokretima, zavise jedino od specifičnosti inervacije, koja je do izvesne mere, nezavisna od mehaničkih mogućnosti mišića “.

Na osnovu zapažanja E. Fick-a jedna od bitnih uloga poliartikularnih mišića je da prenesu težinu delova ekstremiteta ka njegovom korenu –proksimalnom kraju, i na taj način pomere težište prema centru tela. Time se olakšavaju pokreti distalnih segmenata koji vrše najčvršće i najveće pokrete. To znači da je priroda uredila tako udaljene pripoje danjihov masivniji deo, bude što bliži trupu, čime se težište pojedinih segmenata i celog ekstremiteta pomera u istom pravcu.

Činjenica da poliartikularni mišići prelaze preko više zglobova utiče na njihovo dejstvo na najdistalniji zglob na koji prvenstveno deluju. Nekada je taj uticaj povoljan, a nekada ne. Na primer, za m.gastrocnemius i njegovo dejstvo na stopala povoljno utiče ekstenzija stopala, jer se u tom slučaju njegov proksimalni pripoj udaljava, i time stvaraju uslovi da snažnije izvodi plantarnu fleksiju stopala. Suprotno, pri fleksiji kolena od 90 stepeni pripoji se približavaju do te mere, da taj mišić nije u stanju da utiče na ispružanje stopala i sav teret ovog pokreta na m.soleus, kod koga položaj kolena ne igra nikakvu ulogu.

Ovakvo dejstvo se može pojasniti na primeru pacijenta, čiji su fleksori podkolenice bili slabi, naročito na jednoj nozi. Mišići slabije noge nisu mogli da izvrše korektnu fleksiju u zglobu kolena, ali se taj pokret znatno efikasnije izvodi, kada ispitanik izvede fleksiju trupa do ugla od 90 stepeni, na ekstendirano koleno.

Ovo je interesantan primer, zbog toga što pacijent u ležećem položaju na trbuhu nije mogao da flektira, dok je u stojećem početnom položaju i ako teško, ipak izvodio. Iz napred navedenog može se zaključiti sledeće:

- flektiranjem trupa olakšava se rad fleksora podkolenice, jer se u ovom položaju udaljavaju njihovi pripoji, i zbog toga mišić je u stanju da vrši snažnije kontrakcije.
- Nemogućnost izvođenja pokreta u ležećem početnom položaju je posledica delovanja težine potkolenice. U ovom položaju ona je u prvom delu pokreta najveća i zato mišić nije u stanju da započne pokret. Kada se pasivno flektira potkolenica za 45 stepeni pacijent je bio u stanju da nastavi pokret. U stojećem stavu delovnje težine je obrnuto, najmanje je u prvom delu pokreta, ipacijent je uz dosta napora ipak uspeo da izvede mali pokret. Ako bi se napavila mala fleksija trupa, mišić neznatno izdužio, pokret bi se mogao izvesti u korektnoj amplitudi-bez pomoći.

6.26 Kinetički lanac

Posmatrano sa aspekta biomehanike, aparat za kretanje predstavlja sistem međusobno povezanih segmenata, kostiju i mišića, koji se definiše kao kinetički lanac. Unutar tog lanca, koštane poluge obavljaju svoju ulogu, uslučajevima samostalne funkcije. Kako je oslonac osnovni uslov za funkcionisanje svake poluge, on se ostvaruje na krajevima navedenog lanca, i definiše se kao neposredni oslonac. Naziv je dobio, jer se oslonac ostvaruje neposredno na zemljinoj površini ili preko nosača-suporta.

Ako se oslonac ostvaruje samo na jednom kraju kinetičkog lanca, definiše se kao otvoreni kinetički lanac, a ako se ostvaruje na oba svoja kraja, onda se definiše kao zatvoreni kinetički lanac. Za funkcionisanje aktuelne poluge unutar lanca, taj je oslonac suviše udaljen. Aktuelna poluga se ne može neposredno na njega osloniti. Potrebno je taj oslonac preneti do aktuelne poluge. Prenošenje oslonca do aktuelne podloge vrše mišići stabilizatori, tj. fiksatori. Od poluge sa neposrednim osloncem, stabilisanjem naredne susedne

poluge, oslonac se prenosi na narednu i tako redom sve do aktuelne podloge. Na isti način oslonac se prenosi sa jednog na drugi kraj poluge i obrnuto. Dobijajući čvrst oslonac, mišić svojom kontrakcijom vrši pokret aktuelne podloge. Vrlo su retki, praktično i ne postoje pokreti, gde se dejstvo jednog mišića ispoljava samo pokretom poluge za koju je neposredno vezan. To su najjednostavniji pokreti krajnjih segmenata, ali pod uslovom da su svi ostali segmenti stabilizovani. Daleko su češći pokreti, koji se prenose i na susedne, pa čak i vrlo udaljene segmente tela na koje aktuelni mišić, na drugi način, ne bi mogao nikako da deluje. Ovakav kompleks pokreta koji uključuje ceo sistem poluga, uz posredno i neposredno delovanje određenog broja mišića naziva se *l a n a c p o k r e t a*, jer su povezani slično karikama lanca.

Otvoreni kinetički lanac

Otvoreni kinetički lanac predstavlja sistem međusobno povezanih segmenata, koji ostvaruju neposredni oslonac sa podlogom, samo preko jednog kraja lanca. Drugi kraj lanca je slobodan, otvoren i može se slobodno kretati. Posredtvom mišića stabilizatora, neposredni oslonac se posredno prenosi sa poluge na polugu, sve do aktuelne poluge koja vrši pokret. Položaj tela opredeljuje vrstu kinetičkog lanca, kao i kraj lanca na kome se ostvaruje neposredni kontakt. Kod uspravnog položaja tela, noge predstavljaju zatvoreni kinetički lanac preko karlice. Neposredni oslonac je na stopalima istovremeno. Ruka i noga sa iste strane ostvaruju otvoreni kinetički lanac. Stajanjem na jednoj nozi, gde se ostvaruje neposredni oslonac, svi ostali elementi čine otvorene kinetičke lance.

U položaju uvisu, neposredni oslonac je hvat sa šipkom, a svi ostali delovi tela koji vise, predstavljaju otvoreni kinetički lanac.

U normalnom životu i radu, postoji veliki broj mogućnosti i kombinacija za formiranje kinetičkih lanaca. Zavisno od toga da li su mišići monoartikularni ili poliartikularni, njihova funkcija u lancu je različita. Koliko je složena funkcija mišića u lancu, najbolje se može zapaziti pri položaju segmenata u hodu. Tu se takođe uočava i funkcija i međusobna zavisnost. U hodu se naizmenično javlja slobodni kinetički lanac leve i desne noge. Slobodni kraj lanca, menjajući

mesto, na različite načine utiče na karlicu, trup i ruke, zavisno od faze pokreta, i to: pomeranjem, naginjanjem, uvrtnanjem, opružanjem i sl.

Zatvoreni kinetički lanac

Zatvoreni kinetički lanac predstavlja sistem međusobno povezanih segmenata, koji ostvaruju neposredni oslonac na oba svoja kraja. Međusobnim povezivanjem tačaka neposrednih oslonaca na krajevima kinetičkog lanca, dobija se poligon oslonca celog sistema.

Pomeranjem segmenata unutar sistema, njegova napadna linija mora da ostane uvek unutar poligona. Sistem je najstabilniji kada napadna linija pada u sredinu-centar poligona.

Pomeranjem napadne linije sistema prema ivicama poligona, stabilnost sistema se smanjuje, proporcionalno veličini rastojanja od ivica poligona do napadne tačke. Što je to rastojanje manje i stabilnost je manja. Najmanja je na ivicama poligona, a kada tu ivicu pređe, pada i zauzima drugi stabilan položaj. Tipičan primer zatvorenog kinetičkog lanca predstavljaju noge u uspravnom položaju tela. Stopala jedne i druge noge predstavljaju krajeve zatvorenog kinetičkog lanca, preko kojih se ostvaruje neposredni oslonac sa podlogom. Premeštanjem težišta sa jedne, na drugu nogu, angažuju se segmenti unutar lanca, zauzimajući pri tome različite položaje. U raskoračnom ili pretkoračnom stavu, to je lako uočljivo. U zavisnosti od kretanja tereta unutar lanca, dejstvo jednog, te istog mišića je različito. Analizirajući pretkoračni stojeći stav, zatvoreni kinetički lanac čine noge i karlica. Krajeve lanca čine stopala. Povezivanjem njihovih graničnih tačaka, dobija se poligon oslonca stopala. Otklonom u stranu pomera se težište i više opterećuje stopalo na strani otklona. Mišići ekstenzori noge na strani otklona, svojim ekscentričnim kontrakcijama kontrolišu pokrete i održavaju položaj noge na strani otklona.

Kada se odvijaju složena kretanja, dolazi do situacija u kojima se naizmenično smenjuju otvoreni i zatvoreni kinetički lanac. Eklatantan primer za to su složene ciklične aktivnosti.

U tako složenom kretanju, poluge menjajući svoj položaj, prelaze jedna u drugu, bitno menjajući, kako međusobni uticaj, tako i dejstvo sila mišićnog

naprezanja koje se ispoljava, kako preko neposrednog delovanja na aktuelnu polugu, tako i posredno na najudaljenije segmente.

Dobro poznavanje uloge kinetičkog lanca za pojedine sportove je od presudnog značaja. Zavisno od toga, kako će sportista u datom vremenskom intervalu, postaviti delove svog tela za kretanje, i uključiti mišićne sile određenog intenziteta, zavisice i kvalitet kretanja, tj. dobijeni rezultati u sportu i radu. Ovim se može objasniti zašto pojedinci slabijih biomotornih sposobnosti postižu bolje rezultate od sportista čiji je lokomotorni sistem, prema stepenu razvoja biomotornih sposobnosti kvalitetniji. To se postiže umešnijim korišćenjem kinetičkih lanaca.

6.27 Pregled delovanja mišića u pojedinim zglobovima

Tabela 1. Pregled delovanja mišića u gornjem i donjem zglobu glave (M. Pećina)

MIŠIĆ	D E L O V A N J E				
	FLEKSIJA	EKSTENZIJA	LATEROFLEKSIJA	ROTACIJA ISTU	ROTACIJA SUPROTNU
M. TRAPEZIUS		ekstenzor			rotator
M. SPLENIUS CAPITIS		pom.	laterofleksor	TOtator	
M. SEMISPINALIS CAPITIS		ekstenzor	laterofleksor		
M. RECTUS CAPITIS		ekstenzor		rotator	
M. RECTUS CAPITIS	..	ekstenzor			
M. OBLIOUUS CAPITIS		ekstenzor			
M. OBLIOUUS CAPITIS				rotator	
M. LONGISSIMUS CAPITIS		pom.	laterofleksor	rotator	
M.	fleksor		laterofleksor		rotator
M. LONGUS CAPITIS	fleksor			rotator	
M. RECTUS CAPITIS	fleksor				
MM. SUPRAHYOIDEI*	pom.				
MM. INFRAHYOIDEI**	pom.				
M. RECTUS CAPITIS			laterofleksor		

Fleksija i ekstenzija vrše se pod obostranom kontrakcijom nabrojanih mišića.

*) M. digastricus, m. stylohyoideus, m. mylohyoideus, m. geniohyoideus

***) M. sternohyoideus, m. omohyoideus, m. sternothyroideus, m. thyrohyoideus

Tabela 2. Pregled delovanja mišića na vratni deo kičme (M. Pečina)

MIŠIĆI	D E L O V A N J E				
	FLEKSIJA	EKSTENZIJA	LATEROFLEKSIJA	ROTACIJA ISTU	ROTACIJA SUPROTNU
M.	fleksor		laterofleksor		,rotator
M. LONGUS COLLI	fleksor			rotator	rotator
M. LONGUS CAPITIS	fleksor				
MM. SCALENI*	fleksori		laterofleksori		rotatori
M. TRAPEZIUS					rotator
M. SPLENIUS CAPITIS		ekstenzor	laterofleksor	rotator	
M. SPLENIUS CERVICIS		ekstenzor	laterofleksor	rotator	
M. LONGISSIMUS CAPITIS			laterofleksor		
M. LONGISSIMUS CERVICIS		ekstenzor	laterofleksor	rotator	
M. ILIOCOSTALIS CERVICIS		ekstenzor	laterofleksor	rotator	
M. SEMISPINALIS CAPITIS		ekstenzor			
M. SEMISPINALIS CERVICIS		ekstenzor	laterofleksor		rotator
M. MULTIFIDUS		ekstenzor			rotatar
MM. ROTATORES		ekstenzori			rotatori
M. SPINALIS		ekstenzor			
MM. INTERSPINALES		ekstenzori			
■MM. INTERTRANSVERSARII			laterofleksoni		
M. LEVATOR SCAPULAE			laterofleksor		

Fleksija i ekstenzija vrše se pri obostranoj kontrakcija nabrojjenih mišića. *) M. scalenus anterior, m. scalenus medius, m. scalenus posterior

Tabela 3. Pregled delovanja mišića na grudni i slabinski deo kičme (M. Pečina)

MIŠIĆI	D E L O V A N J E				
	FLEKSIJA*	EKSTENZIJA*	LATEROFLEKSIJA	ROTACIJA	ROTACIJA
M. ERECTOR SPINAE		ekstenzor	laterofleksor		
M. ILIOCOSTALIS		ekstenzor	laterofleksor	rotator	
M.		ekstenzor	laterofleksor		rotator
MM. LEVATORES		ekstenzori	laterofleksori		rotator
M. SPINALIS		ekstenzor	laterofleksor		
MM.		ekstenzori	laterofleksori		
MM. INTERSPINALES		ekstenzori			
M. QUADRATUS		ekstenzor	laterofleksor		
M. PSOAS MAJOR	fleksor		laterofleksor		
M. PSOAS MINOR	fleksor				
M. OBLIOUUS	fleksor		laterofleksor		rotator
M. OBLIOUUS	fleksor		laterofleksor	rotator	
M. RECTUS	fleksor		laterofleksor		

Fleksija i ekstenzija vrše se pri obostranoj kontrakciji nabrojjenih mišića.

Tabela 4. Pregled delovanja mišića u ramenom zglobu (M. Pećina)

MIŠIĆI		D E L O V A N J E					
		ANTE-FLEKSIJA	RETRO-FLEKSIJA	ABDUKCIJA	ADUKCIJA	ROTACIJA PREMA	ROT. PREMA
M.	DELTOIDEUS — SREDNJI DIO			abduktor			
M.	DELTOIDEUS — PREDNJI DIO	antefleksor			pomoćni aduktor		pomoćni rotator
M.	DELTOIDEUS — STRAŽNJI DIO		retrofleksar		pomoćni aduktor	pomoćni rotator	
M.	SUPRASPINATUS	pomoćni antefleksor		abduktor			
M.	INFRASPINATUS			pomoćni abduktor	pomoćni aduktor .	rotatar	
M.	TERES MINOR					rotatar	
M.	TERES MAJOR		retrofleksor		aduktor		rotator
M.	SUBSCAPULARIS		pomoćni retrofleksor		pomoćni aduktor		rotator
M.	BICEPS BRACHII —			abduktor			
M.	BICEPS BRACHII — CAPUT BREVE	pomoćni antefleksor			pomoćni aduktor		pomoćni rotator
M.	CORACOBRAHIALIS	antefleksor			pomoćni aduktor		pomoćni rotator
M.	TRICEPS BRACHII — CAPUT LONGUM		pomoćni retrofleksar		pomoćni aduktor		
M.	LATISSIMUS DORSI		retrofleksor		aduktor		rotator
M.	PECTORALIS MAJOR — PARS	antefleksor		pomoćni abduktor			pomoćni .rotator
M.	PECTORALIS MAJOR — PARS STERNALIS				aduktor		

Tabela 5. Pregled delovanja mišića u lakatnom i oba radioulnarna zgloba (M. Pećina)

MIŠIĆ	D E L O V A N J E			
	FLEKSIJA EKSTENZIJA		PRONACIJA	SUPINACIJA
M. BICEPS BRACHII	fileksor	ekstenzor	pom.	supinator
M. BRACHIALIS	fileksor	ekstenzor	pronator	pom.
M. TRICEPS BRACHII	pomoćni fileksor		pom.	suipinator
M. ANCONEUS	pomoćni fileksor		pronator	pom.
M. BRACHIORADIALIS	pomoćni fileksor		pom.	supinator
M. EXTENSOR CARPI RADIALIS LONGUS	pomoćni fileksor		pronator	supinator
M. EXTENSOR CARPI RADIALIS BREVIS	pomoćni fileksor		pom.	pom.
M. SUPINATOR			pronator	supinator
M. PALMARIS LONGUS			pronator	
M. FLEXOR CARPI RADIALIS			pronator	
M. PRONATOR TERES			pronator	
M. PRONATOR QUADRATUS			pronator	
M. ABDUCTOR POLLICIS LONGUS			pronator	
M. EXTENSOR POLLICIS				

Tabela 6. Pregled delovanja mišića u zglobu kuka (M. Pećina)

MIŠIĆ	D E L O V A N J E					
	FLEKSIJA	EKSTENZIJA	ABDUKCIJA	ADUKCIJA	ROTACIJA VAN	ROTACIJA UNUTRA
M. SARTORIUS	fleksor		pomoćni, abduktor		pomoćni rotator	
M. RECTUS FEMORIS	pomoćni fleksor		pomoćni abduktor			
M. GLUTEUS MAXIMUS		ekstenzor	abduktor	pomoćni aduktor	rotator	
M. GLUTEUS MEDIUS		pomoćni ekstenzor	abduktor		pomoćni rotator	rotator
M. GLUTEUS MINIMUS	pomoćni fleksor		abduktor			rotator
M. TENSOR FASCIAE LATAE	fleksor		pomoćni abduktor			rotator
M. ILIOPSOAS	fleksor			aduktor	pomoćni rotator	

MIŠIĆ	D E L O V A N J E					
	FLEKSIJA	EKSTENZIJA	ABDUKCIJA	ADUKCIJA	ROTACIJA VAN	ROTACIJA UNUTRA
M. PTIRIFORMIS		pomoćni ekstenzor	pomoćni abduktor		rotator	
M. GEMELLUS SUPERIOR					rotator	
M. GEMELLUS INFERIOR					rotator	
M. OBTURATORIUS INTERIUS		pomoćni ekstenzor	pomoćni abduktor		rotator	
M. OBTURATORIUS EXTERNUS	pomoćni fleksor			pomoćni aduktor	rotator	
M. OUADRATUS FEMORIS				pomoćni aduktor	rotator	
M. PECTINEUS	fleksor			pomoćni aduktor	pomoćni rotator	
M. ADDUCTOR BREVIJS	pomoćni fleksor			aduktor	pomoćni rotator	
M. ADDUCTOR LONGUS	pomoćni fleksor			aduktor	pomoćni rotator	
M. ADDUCTOR MAGNUS		ekstenzor		aduktor	pomoćni rotator	pomoćni rotator
M. GRACILIS	pomoćna fleksor			aduktor	pomoćni rotator	
M. BICEPS FEMORIS		ekstenzor		pomoćni aduktor	pomoćni rotator	
M. SEMITENDINOSUS		ekstenzor		pomoćni aduktor		pomoćni rotator
M. SEMIMEMBRANOSUS		ekstenzor		pomoćni aduktor		pomoćni rotator

Tabela 7. Pregled delovanja mišića u kolonom zglobu (M. Pećina)

MIŠIĆ	D J E L O V A N J E			
	FLEKSIJA	EKSTENZIJA	ROTACIJA V.	ROTACIJA U.
M. QUADRICEPS FEMORIS		glavni ekstenzor		
M. SARTORIUS	fleksor			pomoćni rota.
M. BICEPS FEMORIS	fleksor		•rotator	
M. SEMITENDINOSUS	fleksor			rotator
M. SEMIMEMBRANOSUS	fleksor			rotator
M. TENSOR FASCIAE LATAE			rotator	
M. POPLITEUS	pomoćni fleksor			rotator
M. PLANTARIS	pomoćni fleksor			
M. GASTROCNEMIUS	pomoćni fleksor			
M, GASTROCNEMIUS — CAPUT MEDIALE			pomoćni rotator	
M. GASTROCNEMIUS — CAPUT LATERALE				pomoćni rotator
M. GRACILIS	fleksor			pomoćni rota.

Tabela 8. Pregled delovanja mišića u gornjem i donjem nožnom zglobu (M. Pećina)

MIŠIĆ	D J E L O V A N J E			
	DORZALNA FLEKSIJA	PLANTARNA EKSTENCIJA	ROTACIJA PREMA VAN S ABDUKCIJOM	ROTACIJA PREMA UNUTRA SA ABDUKCIJOM
M. TIBIALIS ANTERIOR	fleksor	ekstenzor	pom. rotator	rotator i
M. EXTENSOR HALLUCIS LONGUS	pomoćni fleksor	pomoćni ekstenzor	i abduktor	aduktor
M. EXTENSOR DIGITORUM	fleksor	pomoćni ekstenzor	pom. rotator	pom. rotator
M. PERONEUS TERTIUS	fleksor	ekstenzor	i abduktor	i aduktor
M. TRICEPS SURAE		pomoćni ekstenzor	rotator i	rotator i
M. PLANTARIS		pomoćni ekstenzor	abduktor	aduktor
M. TIBIALIS POSTERIOR		pomoćni ekstenzor	rotator i	pom. rotator
M. FLEXOR HALLUCIS LONGUS		ekstenzor	abduktor	i aduktor
M. FLEXOR DIGITORUM LONGUS		ekstenzor		pom. rotator
M. PERONEUS LONGUS		pomoćni ekstenzor		i aduktor
M. PERONEUS		ekstenzor		

Cilj

Cilj ovog poglavlja je da se čitalac upozna sa osnovnim postavkama i karakteristikama aktivnih i pasivnih snaga lokomotornog aparata, sa njihovom ulogom, podelom i delovanjem.

Rezime

Upoznajući se sa svim elementima lokomotornog aparata, subjekti koji učestvuju u u procesu rehabilitacije postaju aktivni, što je i jedna od osnovnih postavki u radu ovakve vrste.

Pitanja

1. Osnovne karakteristike i osobine koštanog tkiva?
2. Okoštavanje i rast kostiju?
3. Mehaničke osobine kostiju?
4. Vrste koštanih poluga?
5. Mehanička građa i čvrstina zglobova?
6. Vrste pokreta u zglobovima?
7. Mehanička građa mišića?
8. Šta je to motorna jedinica?
9. Delovanje mišića?
10. Biološko ponašanje mišića i mehaničke osobine mišićnog tela?
11. Zakon "sve ili ništa" i snaga kontrakcije?
12. Šta su to: mišićna snaga, relativna snaga i apsolutna snaga?
13. Šta su to efikasna mišićna snaga i zamor?
14. Podela mišića prema kontrakciji i dekontrakciji i prema ulozi u određenom pokretu?
15. Objasniti kontrakciju i dekontrakciju mišića?
16. Šta je to mišićni tonus?

17. Objasniti ulogu i značaj slobodnog i fiksiranog pripoja?
18. Objasniti ulogu antagonista u izvođenju pokreta?
19. Kako deluju višezglobni mišići?
20. Šta je kinetički lanac i vrste kinetičkog lanca?
21. Funkcionalna anatomija mišića u pojedinim zglobovima?