

# **Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja univerziteta u Beogradu**



## **Završni rad**

# **Analiza konvencionalne i sumo varijante tehnike mrtvog dizanja**

**Mentor : Van. Prof. dr Dejan Suzović**

**Student: Jovanović Mihajlo**

**Članovi komisije:**

- 1. Doc. dr Radivoj Mandić**
- 2. Red. Prof. dr Stanimir Stojiljković**

**Beograd, 2017.**

## **„Analiza konvencionalne i sumo varijante tehnike mrtvog dizanja“**

### **Sažetak**

Mnoge su pogodnosti koje sa sobom donosi redovno vežbanje. Pored pozitivnih uticaja na kardiovaskularni, respiratorni, lokomotorni sistem, vežbanje utiče i na vedro raspoloženje, razvija socijalne i komunikacione veštine i utiče na opšti razvoj ličnosti vežbača. Snaga, odnosno mišićna snaga predstavlja sposobnost generisanja maksimalne spoljne sile. Radi analize tehnike, neophodno je napomenuti da postoje transverzalna, sagitalna i frontalna ravan u prostoru. Najčešće primenjene fizičke veličine u ovoj analizi su moment sile otpora i mišića (predstavljaju proizvod kraka sile i njegovog intenziteta). Da bi se vršio pokret, protiv sile gravitacije, moment sile mišića mora da bude veći od momenta sile otpora. Dve najosnovnije varijante mrtvog dizanja su konvencionalna i sumo varijanta. Osnovne karakteristike konvencionalne varijante su: stav je u širini ramena, sa divergentnom pozicijom stopala ( $10-15^\circ$ ), хват je što bliži vertikalnom položaju ruku (u frontalnoj ravni),  $55 \pm 10$  cm, tako da se kolena nalaze između ruku, kukovi su na većoj udaljenosti od vertikalne projekcije tega, nego u sumo varijanti, tako da trup sa horizontalom sklapa manji ugao. Za dinamiku mrtvog dizanja najzaslužniji su mišići zadnje lože buta, m.gluteus maximus i manje m.quadriceps femoris, dok je najaktivniji stabilizator m.erector spinae. Sumo varijanta se razlikuje po tome što je stav širi 2 do 3 puta, stopala su postavljena pod uglom od 45 stepeni, težište je spuštenije, vertikalni put koji prelazi teg je manji, kolena su pozicionirana široko (upolje), kukovi su bliži tegu, trup je blizu vertikali. Zbog veće fleksije u zglobu kolena, u sumo varijanti, mnogo veći udeo u opružanju imaju m.quadriceps femoris i primicači u zglobu kuka. Opterećenje na lumbalnom delu kičme je manje u odnosu na konvencionalnu varijantu.

**Ključne reči:** vežbanje, snaga, mrtvo dizanje, powerlifting, moment sile, konvencionalna, sumo varijanta, analiza, mišići

# Sadržaj

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Uvod.....                                                       | 4  |
| 2. Trening i intenzitet opterećenja.....                           | 5  |
| 3. Osnove biomehanike.....                                         | 7  |
| 3.1 Orijentacija u prostoru.....                                   | 7  |
| 3.2 Zglobovi.....                                                  | 8  |
| 3.3 Osnovni pokreti u zglobovima.....                              | 9  |
| 3.4 Mehanička svojstva mišića.....                                 | 10 |
| 3.5 Nervno-mišićna povezanost.....                                 | 14 |
| 4. Moment sile.....                                                | 15 |
| 5. Mehaniika kičmenog stuba prilikom izvođenja mrtvog dizanja..... | 17 |
| 6. Vežba mrtvo dizanje.....                                        | 19 |
| 7. Analiza početnog položaja mrtvog dizanja.....                   | 20 |
| 7.1 Hvat.....                                                      | 20 |
| 7.2 Stav.....                                                      | 22 |
| 7.3 Položaj šipke.....                                             | 26 |
| 7.4 Visina kukova i položaj ruku.....                              | 27 |
| 8. Analiza faze opružanja.....                                     | 29 |
| 8.1 Konvencionalna varijanta.....                                  | 29 |
| 8.2 Sumo varijanta.....                                            | 30 |
| 8.3 Mehanički rad.....                                             | 31 |
| 8.4 Energetska potrošnja.....                                      | 32 |
| 9. Analiza faze pregibanja.....                                    | 33 |
| 10. Zaključak.....                                                 | 33 |
| 11. Literatura.....                                                | 36 |

# 1. Uvod

Efekti redovne fizičke aktivnosti na ljudsko zdravlje česta su tema mnogih istraživača. Na regionalnom seminaru Saveta Evrope „O sportu i zdravlju“, Ilka Vuori predočio je rezultate istraživanja koja se odnose na efekte redovnog vežbanja na zdravlje. Pozitivan uticaj redovno vežbanje ima na kardiovaskularni sistem, tako što poboljšava efikasnost srčanog rada i miokarda, reguliše arterijski pritisak i električnu stabilnost srčanog mišića. Na skeletne mišiće deluje tako što im poboljšava metabolički kapacitet i snabdevanje hranljivim materijama putem krvi, poboljšava snagu, umanjuje rizik od povreda i bolesti mišića. Redovno vežbanje utiče na održavanje koštane mase, povećava gustinu kostiju, smanjuje rizik od pojave osteoporoze. Kontinuiranim vežbanjem se reguliše energetska balans, kontroliše telesna masa, održava opšte zdravlje. Utiče na dobro, raspoloženje, donosi pozitivne promene na sociološkom i psihološkom planu (Mitić, 2001). Samo 30 minuta kardio-vežbi tri do pet dana nedeljno produžava život za šest godina, pokazuje istraživanje na klinici Kuper u Dalasu.

Ako se sredina menja, menja se i organizam kako bi opstao u novim uslovima. Glavni cilj treninga predstavlja stvaranje specifičnih adaptacionih procesa kako bi se poboljšali sportski rezultati (Zatsiorsky, 2015). Dobro je poznato da se treningom snage ne povećava samo snaga, već i mišićna masa, dok trening izdržljivosti izaziva drugu vrstu promena, kao što je povećanje aerobnog kapaciteta. Upravo zbog specifičnosti adaptacije, treninzi i vežbe za različite sportove se veoma razlikuju.

Snaga, odnosno mišićna snaga predstavlja sposobnost generisanja maksimalne spoljne sile. Tako da se snaga sportiste često određuje kao njegova sposobnost da savlada spoljašnji otpor ili da mu se suprotstavi pomoću mišićnih naprezanja, odnosno mišićnom silom. Osim termina snage, koji se dominantno koristi u praksi, u teorijskim razmatranjima i postavkama koristi se i termin jačina, koju predstavlja maksimalna sila koju mišić ili mišićna grupa mogu generisati pri specifičnim brzinama. Snaga se ispoljava u različitim oblicima. Bomba izdvaja generalnu i specifičnu snagu (jačinu). U odnosu na oblik ispoljavanja snage razlikuju se : maksimalna snaga, eksplozivna snaga, brzinska snaga i izdržljivost u snazi. Maksimalna snaga predstavlja najveću silu koja se može generisati u jednoj maksimalnoj voljnoj kontrakciji i ispoljava se pri velikom spoljašnjem otporu, npr. prilikom izvođenja vežbe mrtvo dizanje. Eksplozivna snaga se definiše

kao sposobnost mišića da ostvari maksimalnu silu u što je moguće kraćem vremenskom interval. Brzinska snaga je sposobnost sportiste da izvede jedan ili više pokreta što većom brzinom pri manjem ili većem otporu i karakteristična je prilikom skokova, sprinteva ili bacanja. Izdržljivost u snazi predstavlja sposobnost sportiste da ispoljava relativno veliku silu u dužem vremenskom period (Đorđević, Jakovljević, Janković, 2010).

Snaga je neophodna za postizanje rezultata u svim sportskim disciplinama. Može direktno i indirektno da utiče na uspešnost. U prvom slučaju, snaga je dominantna komponenta koju treba razvijati, npr. u powerliftingu, gde je cilj podići što veći teret, primenom maksimalne mišićne snage. U drugom slučaju snaga je jedan deo fizičke pripreme, koja je samo jedna od komponenti integralne pripreme u trenažnom procesu, npr. u fudbalu ili košaci.

Primer vežbe za razvoj maksimalne snage je mrtvo dizanje. Ukoliko je cilj opšta snaga i jačina celog tela potrebno je u seriji raditi malo ponavljanja submaksimalnog i maksimalnog inteziteta. Simultano je u rad uključeno puno velikih mišićnih grupa, veliki procenat (negde i sve) motornih jedinica i povećana je elektična aktivnost mišića. To predstavlja veliki stres za organizam i ta informacija ide do hipotalamusa koji šalje signal testisima da luče veće količine anaboličkih hormona. Osim toga poboljšava se nervno-mišićna veza (Nikolić, 2003).

## 2. Trening i intenzitet opterećenja

Adaptivne promene organizma koje nastaju kao posledica primene određenog treninga zavise od intenziteta trenažnog opterećenja i one se mogu sagledati iz sledećih aspekta (Issurin, 2009):

- *fiziološkog i biomehaničkog* – utvrđivanje posledica nakon primene jednog treninga, serije treninga i vremenski dužeg trenažnog procesa,
- *praktičnog (trenerskog)* – adaptivne promene (generalni trenažni efekti) nakon primene određenih treninga,
- *trenažno-teorijskog* – nedvosmisleno tumačenje rezultata, koje je bitno za objektivno sagledavanje uticaja intenziteta treninga.

Kada se uticaj primenjenog intenziteta treninga definiše preko generalnih trenažnih efekata, prema Issurinu (2009) i Stefanoviću i sar. (2010) mogu se klasifikovati na:

- *Akutne* - promene biomehaničkih i fizioloških varijabli koje se menjaju/ispoljavaju tokom treninga, kao posledica primene određenog intenziteta treninga, npr. uticaj % od jednog ponavljajućeg maksimuma (*eng. one repetition of maximum – 1 RM*) kod čučnja na visinu skoka i dr.
- *Neposredne* - promene koje se javljaju kao rezultat jednog treninga i manifestuje se ubrzo nakon njegovog završetka, tj. Predstavljaju sumaciju akutnih trenažnih efekata nekoliko vežbi.
- *Kumulativne* - promene koje se javljaju nakon nekoliko treninga, predstavljaju sumu i odloženih efekata. Dostizanje maksimalne adaptacije kao odgovor na trenažne stimuluse odgovarajućeg intenziteta, koji ne mora da bude optimalan u smislu akutnih efekata. Tokom pripremnog perioda se rade treninzi u otežanim uslovima, npr. trčanje uzbrdo, i oni pozitivno utiču na „podizanje sportske forme“.
- *Odložene* - zavise od dužine vremenskog perioda (oporavka) između dva treninga koji može biti: a) nedovoljan, b) kombinacija različitih trenažnih stimulusa i takođe nedovoljno dugog oporavka, c) dovoljan, koji ne dovodi na viši nivo ali je pogodan za trenažni proces koji zahteva stabilne uslove, d) dovoljan, koji dovodi do povećanja nivoa treniranosti (superkompenzacija).
- *Zaostale* - rezidualne, zadržavanje nastalih promena, *dugotrajne* – morfološke i neurofiziološke promene nastale kao posledica višegodišnjeg treniranja npr. očigledne razlike u mišićno-skeletnom sistemu (debljina kostiju, gustina koštanog tkiva, odnos brzih i sporih mišićnih vlakana i sl.) različitih sportista, *srednje* – fiziološke promene kardiovaskularnog, respiratornog i neuromišićnog sistema, zadržavaju se nekoliko meseci npr. veličina i zapremina srca i *kratkotrajne*, smanjenje sposobnosti generisanja mišićne sile nakon treninga za razvoj sile, telesnog stanja i motornih sposobnosti od treniranja nakon vremenskog perioda u kome je došlo do adaptacije.

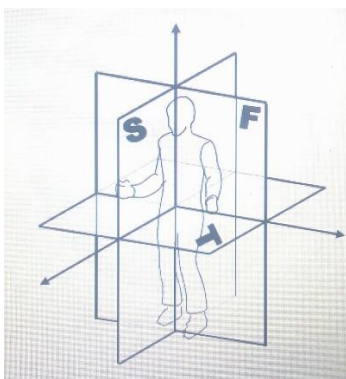
### **3. Osnove biomehanike**

#### **3.1 Orijentacija u prostoru**

Biomehanička analiza se vrši na modelima koji u velikom broju karakteristika odražavaju realne osobine ljudskog tela, a naročito njegovog lokomotornog aparata. U postupku modelovanja pokreta čoveka, ljudsko telo se približno može predstaviti multisegmentnim modelom čiji svaki deo opisuje bitne biomehaničke osobine pojedinog dela tela. Segmenti biomehaničkog modela, po pravilu, predstavljaju biomehaničke poluge koje su međusobno povezane na način na koji zglobovi povezuju susedne delove tela. Orijentacija tela u prostoru i osnovni pokreti se definišu u skladu sa usvojenim pravilima, tako da se definiše referentni koordinatni sistem koji se veže za telo čiji pokret analiziraju (Gavrilović, 2016).

Kod funkcionalno-anatomske i biomehaničke analize pokreta ljudskog tela, potrebno je definisati referentni koordinatni sistem u odnosu na koji će se vršiti analiza pokreta. Ovaj sistem je prikazan na slici 1. i definisan je sa tri ravni: frontalna, sagitalna i transverzalna (Gavrilović 2016).

- Sagitalna ravan (S): deli telo čoveka na levu i desnu stranu. Osnovni zglobovi pokreti koji se u njoj vrše su pregibanje i opružanje.
- Frontalna ravan (F): deli telo čoveka na prednji i zadnji deo (odnosni ventralni i dorzalni). U njoj se vrše pokreti odvođenja (abdukcije) i privođenja (adukcije), elevacije i depresije, everzije i inverzije.
- Transverzalna ravan (T): deli telo na gornji i donji (odnosno na kranijalni i kaudalni) deo. Osnovni zglobovi pokreti koji se u njoj vrše su izvrtanje (spoljašnja rotacija) i uvtanje (unutrašnja rotacija), transverzalna abdukcija i adukcija.



Slika 1. Osnovne prostorne ravni

### 3.2 Zglobovi

Jedna od osnovnih funkcija zglobova je vršenje pokreta. Naime, promena konfiguracije aparata za kretanje, na kojoj se kretanje čoveka i zasniva, moguća samo u zglobovima. Zbog toga postoje dve podele zglobova (Jarić, 1993). Osnovna je podela po pokretljivosti:

- *Pokretni zglobovi* – od najvećeg su značaja za pokrete jer omogućuju velike amplitude pokreta (tj. Maksimalne promene zglobovnog ugla). Nalaze se na pretežno na spojevima dugih kostiju ekstremiteta. Glavni elementi koje poseduje svaki pokretni zglob su zglobne površine, zglobna čahura i zglobna šupljina. Sporedni elementi su fibrozne veze, odnosno ligamenti i vezivno-hrskavični umeci.
- *Polupokretni zglobovi* – nalaze se uglavnom na spojevima kratkih kostiju stopala, šake i kičme, i omogućavaju pokrete malih amplituda.
- *Nepokretni zglobovi* – predstavljaju krute spojeve pljosnatih kostiju i zbog toga nisu od značaja za analizu pokreta.

Pokretni zglobovi se dalje dele prema broju mogućih osa rotacije, odnosno ravni pokreta koji mogu u njima da se izvrše. Moguć broj tih osa je od jedan do tri, što podrazumeva mogućnost rotacije oko sve tri prostorne koordinate (Jarić, 1993). Zbog toga postoje tri vrste pokretnih zglobova:



- *Jednoosovinski zglobovi* – zglobna površina je oblika „šarke na vratima“, pa pokret može da se izvede samo oko jedne ose. Takvi su, na primer, zglob lakta, gornji skočni zglob, zglobovi prstiju.
- *Dvoosovinski zglobovi* – zglobna površina je elipsoidnog ili sedlastog oblika pa je zglobna rotacija moguća oko dve ose – zglob korena šake.
- *Troosovinski zglobovi* – zglobna površina je oblika kugle pa dozvoljava rotacije oko sve tri ose. Takvi su zglobovi ramena i kuka.

### 3.3 Osnovni pokreti u zglobovima

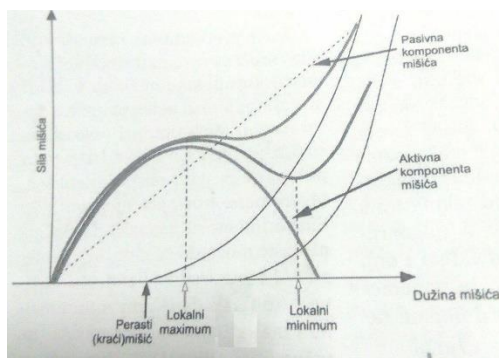
Oko poprečne ose vrše se pokreti pregibanja (fleksije) i opružanja (ekstenzije). Oko sagitalne ose vrše se pokreti odvođenja (abdukcije) i privođenja (adukcije). Oko uzdužne ose vrše se pokreti spoljašnje i unutrašnje rotacije (Bošković, 2005). Kada se dve kosti, koje međusobno zaklapaju ugao, pomiču tako da se suprotni krajevi kostiju međusobno približavaju, a ugao između njih se smanjuje govori se o *fleksiji*. Suprotno tome, kada se krajevi kostiju udaljavaju, a ugao između njih povećava govori se o *ekstenziji* u zglobu. Kada ceo ispruženi ekstremitet podižemo prema napred govori se o *antefleksiji*, a prema nazad o *retrofleksiji*. Ugaoni pokreti celog ekstremiteta ili njegovog dela (šaka) u odnosu na središnju osovinu tela predstavljaju *adukciju* ili *abdukciju*. Kod šake imamo i posebne pokrete primicanja među prstima. Kada palac primičemo malom prstu govori se o *opoziciji*, a kada odmičemo od malog prsta o *repoziciji* (Bošković, 2005).

Obrtanje, rotacija, predstavlja pokret oko uzdužne ose koja je u tom momentu i osa zgloba. Rotacija se može vršiti prema spolja ili prema unutra. Kružno kretanje, cirkumdukcija, predstavlja složen pokret koji nastaje kombiacijom pokreta oko sve tri ose. Kod podlaktice postoje i dva posebna pokreta – uvrtnje i izvrtnje podlakta. Kada se dlan okreće nadole, a palac prema unutra, govori se o uvrtnju podlakta – *pronacija*. Kada se dlan okreće naviše, a palac prema spolja govori se u izvrtnju podlakta – *supinacija*. Kod stopala, takođe postoje dva specifična pokreta, *everzija* i *inverzija*. Inverzija stopala podrazumeva kombinovan pokret adukcije i unutrašnje rotacije, pri čemu je taban okrenut prema unutra. Everzija stopala podrazumeva kombinovan istovremeni pokret abdukcije i spoljašnje rotacije pri čemu je taban okrenut prema spolja (Bošković, 2005).

### 3.4 Mehanička svojstva mišića

#### Zavisnost sile od dužine mišića

Intenzitet generisane sile u uslovima naprezanja mišića pri kome ne dolazi do približavanja mišićnih pripoja (izometrijski režim naprezanja muskulature), proporcionalan je površini fiziološkog preseka aktivnog mišića. Ova zavisnost ukazuje na činjenicu da povećanje površine preseka mišića utiče na povećanje sile kojom mišić deluje na svojim pripojima, prvenstveno zahvaljujući povećanom broju miofilamenata – proteinskih niti aktina i miozina. Veličina ispoljene mišićne sile varira kod istog mišića u zavisnosti od njegove dužine, što se definiše kao mišićna relacija sila-dužina (Ilić i Mrdaković, 2009). Maksimalna mišićna sila se sastoji od aktivne sile (aktivna komponenta) i pasivne sile (pasivna komponenta).



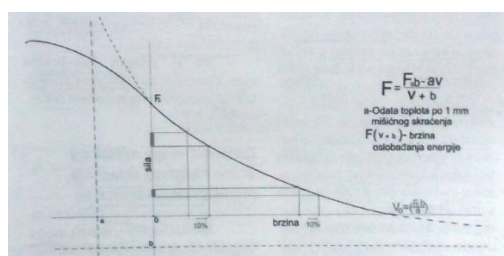
Slika 2. Relacija sila-dužina mišića (Ilić i Mrdaković, 2009)

Sa slike 2. se može videti da je aktivna sila pri istom stepenu aktivacije najveća oko srednje dužine mišića što se objašnjava optimalnom interakcijom aktinskih i miozinskih filamenata, kojoj se pripisuje aktivna komponenta mišićne sile. Veća ili manja dužina mišića od srednje fiziološke utiče na smanjenje nivoa mišićne sile. Kod promene dužine mišića za otprilike 1/3 od srednje, mišić nije u stanju da proizvodi silu što je posledica nemogućnosti interakcije miofilamenata. Prema Latashu (2008) pri malim dužinama sarkomera, poprečni mostići nisu u stanju da razviju

silu zbog nedostatka prostora za interakciju aktina i miozina, dok pri velikim dužinama samo mali broj poprečnih mostića može generisati silu. Iz svega navedenog može se predložiti da se sportske tehnike adaptiraju prema relaciji sila-dužina. Za zadatke u kojima su zahtevi za savladavanjem spoljnog opterećenja primarni, potrebno je ostvariti početne uslove u kojima mišić može maksimalno da ispolji svoju aktivnu komponentu. Ako je potrebno održati velika spoljna opterećenja, segmenti bi trebalo da budu u krajnjim položajima amplitude sa maksimalno izduženom muskulaturom pri kojima pored aktivne utiče i pasivna komponenta mišićne sile (Ilić i Mrdaković, 2009).

### Zavisnost sile mišića od brzine njegovog skraćenja

Druga najčešće ispitivana mišićna zavisnost je sila-brzina (ispituje se pri brzim pokretima kada mišići izvedu kontrakcije sa različitim nivoima opterećenja, dok se maksimalna brzina skraćenja mišića meri). Grafički prikaz krive ima paraboličan oblik i može se aproksimirati Hilovom jednačinom:  $F = (F_0 \times b - a \times V) / (V - b)$ .



Slika 3. Hilova jednačina (Ilić i Mrdaković, 2009)

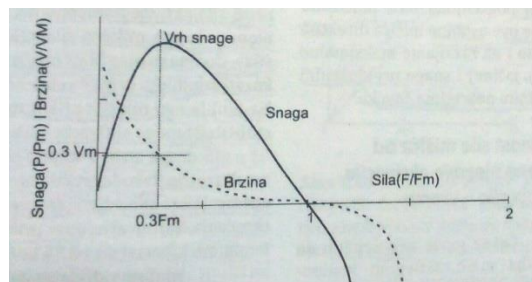
Gde je: F – mišićna sila, F0 – sila pri nultoj brzini (izometrijski uslovi), V – maksimalna brzina skraćenja mišića (na grafikonu je negativna za ekscentričnu kontrakciju), a i b su specifične konstante za dati mišić.

Prema Hilovoj jednačini mišići proizvode veće sile pri ekscentričnoj nego koncentričnoj kontrakciji (Slika 3.). Tokom ekscentričnih mišićnih kontrakcija dolazi do naglog povećanja ispoljene mišićne sile. Ovaj režim mišićnog naprezanja muskulature se naziva pliometrijskim.

Aktivna, pasivna i viskozna komponenta deluju u istom smeru i smatra se da je to jedan od osnovnih razloga postizanja mnogo veće vrednosti generisane mišićne sile (u nekim slučajevima je dobijena i dvostruka vrednost od maksimalne mišićne sile generisane u izometrijskim uslovima rada), snage tokom ekscentrične faze odskoka u odnosu na sile koje isti mišići manifestuju tokom koncentrične faze odskoka.

#### Zavisnost snage mišića od brzine kontrakcije

Iz relacije sila-brzina mogu se direktno dobiti podaci o snazi mišića. Kako je  $P$  (snaga) =  $F$  (sila)  $\times$   $V$  (brzina) vidi se da je veličina mišićne snage direktno određena veličinom mišićne sile i brzine skraćanja ili izduženja mišića, tj. može se zaključiti da za svaku brzinu skraćanja mišića može da se izračuna njegova snaga kao proizvod brzine i sile koja se pri njoj realizuje (Slika 4.). Na osnovu prikazane relacije snaga-brzina može se zaključiti da mišić proizvodi najveću snagu približno pri 1/3 od maksimalne brzine njegovog skraćanja, dok prema manjim i većim brzinama snaga mišića opada. Na izolovanim mišićima maksimalna vrednost snage je dobijena pri opterećenju 35-40% od maksimalne sile i 35-40% od maksimalne brzine skraćanja mišića (Hill, 1938). U izometrijskom režimu rada mišića i pri maksimalnoj brzini skraćanja snaga je jednaka 0, jer je u prvom slučaju brzina, a u drugom sila jednaka 0. Mišići mogu da deluju velikim silama u izometrijskom režimu i pri sporim pokretima. Sa povećanjem brzine pokreta sila mišića opada a snaga raste, tj. maksimalna sila i snaga ne razvijaju se pri istim brzinama skraćanja mišića, odnosno režimima mišićne kontrakcije (Jarić, 1997).



Slika 4. Povezanost sile, brzine i snage mišića (Ilić i Mrdaković, 2009)

## Zavisnost sile mišića od vremena trajanja naprezanja

Čovek neposredno može da upravlja aktivnom komponentom mišićne sile. Mišićna sila se razvija od trenutka započinjanja kontrakcije do trenutka dostizanja maksimalne mišićne sile. U većini pokreta nivo mišićne aktivacije varira. Mišić nije sposoban da svoju silu u istom trenutku prilagodi promenjenom stepenu aktivacije kada se od ispitanika traži da za najkraće vreme razvije maksimalnu mišićnu silu (Jarić, 1997). Ukupna sila aktivne komponente mišića zavisi od frekvencije aktivacije mišića, tj. sa povećanjem stepena aktivacije mišića raste sila njegove aktivne komponente (Ilić i Mrdaković, 2009). Veličina mišićne grupe i lokacija mišića u odnosu na centralni nervni sistem (CNS) utiče na relaciju sila-vreme. Potrebno je od 0.2 do 0.3 s za postizanje maksimalne mišićne sile i to vreme je nešto duže za mišiće nogu nego ruku što pokazuje da vreme propagacije impulsa zavisi od udaljenosti mišića od CNS.

Mehanička osobina mišića prema kojoj sila zavisi od vremena proteklog od trenutka promene njegove aktivacije kraće se naziva relacijom sila-vreme. Najbitniji pokazatelj ove relacije jeste brzina razvoja sile (eksplozivna mišićna sila) ili gradijent prirasta sile – (eng. rate of force development – RFD). Smatra se da je RFD pokazatelj brzine ispoljavanja sile u jedinici vremena i da je povezan sa frekvencijom pražnjenja regrutovanih motornih jedinica, promenama u karakteristikama regrutovanja ili njihovom kombinacijom (Gruber i Gollhofer, 2004). Drugi faktori od uticaja na RFD (sila-vreme relaciju) su: tip mišićnih vlakana, poprečni presek mišića (Bellumori i sar. 2011), maksimalna mišićna sila, viskozno-elastična svojstva mišićno-tetivnog kompleksa i mišićni alfa-motoneuroni (Andersen i Aagaard 2006; Holtermann i sar. 2007). Eksplozivna mišićna sila je jedan od najvažnijih fizioloških parametara za uspešnost u mnogim sportovima i za aktivnu stabilizaciju zglobova (Gruber i Gollhofer, 2004).

Veličina ispoljene mišićne sile u jedinici vremena se može koristiti kao pokazatelj da li se na primer skokovi izvode optimalnim intenzitetom. Danas većina sportova zahteva da brzina kretanja čovekovog tela bude što veća i ona se postiže upravo brzinom realizovanja mišićne sile koja preko koštano-zglobnih sistema pokreće čoveka motoričkom sposobnošću koja se zove mišićna snaga (Stanković, 2014).

### 3.5 Nervno-mišićna povezanost

Nervni sistem koristi tri opcije za variranje u generisanju mišićne sile: uključivanjem i isključivanjem motornih jedinica; promenom aktiviranja motornih jedinica; većom ili manjom sinhronizovanom aktivacijom motornih jedinica (Zatsiorsky, 1995). Mišićna sila zavisi od broja aktivnih motornih jedinica (motorne jedinice se uključuju prema tzv. principu „veličine“) i frekvencije eferentnih impulsa svake od njih – motornog pražnjenja (Ilić i Mrdaković 2009). Prvo se uključuju mali motoneuroni sa niskim pragom pražnjenja, dok se veliki sa visokim pragom pražnjenja (imaju veće i brže kontrakcije) uključuju kasnije (Zatsiorsky, 1995), kada se poveća potreba za generisanjem mišićne sile.

Povećanjem intenziteta opterećenja na treningu, dominantno se aktivira centralni i periferni nervni sistem: Povećava se brzina protoka nervnih impulsa i broj aktiviranih motornih jedinica, javlja se optimalan stepen aktivacije da se proizvede tetanus u svim motornim vlaknima (ako svaki sledeći nervni impuls zatiče mišić u fazi kontrakcije koja prosečno traje oko 0.04 s), motorne jedinice rade sinhronizovano tokom kratkog perioda maksimalnih napora. Može se zaključiti da je za ostvarivanje maksimalnih performansi (visina, dužina skoka, generisana snaga tokom odskoka itd.) potrebno uključivanje motornih jedinica koje imaju visok prag aktivacije.

Svako trenažno sredstvo zahteva složenu koordinaciju određenog broja mišićnih grupa. Zato treba u većoj meri trenirati ceo pokret, nego pojedine mišićne grupe. Vežbe u kojima se trenira samo jedna mišićna grupa, gde se pokret odvija u jednom zglobu treba koristiti kao dodatne vežbe glavnom programu treninga (Stefanović, Jakovljević, 2004). Ponavljanje određenog pokreta (vežbe) duži vremenski period (nekoliko godina) što je često kod vrhunskih sportista (npr skakača/čica udalj ili troskoka) dovodi do modifikacije interakcije između mišića (poboljšanja intermuskularne koordinacije), što omogućava poboljšanje određenih performansi (Sale, 1992).

## 4. Moment sile

Prilikom sporih pokreta, takozvanim kvazistatičkim, u obzir se uzimaju dve sile: *pasivne* (najčešće gravitaciona sila ili sila reakcije podloge) i *aktivne* – mišićne sile. Sila zemljine teže, koja deluje kroz težište tela ili sistema, jednaka je proizvodu mase tela (ili tega) i gravitacionog ubrzanja ( $g = 9.81 \text{ Nm/sec}^2$ ) i predstavlja njegovu težinu ( $G$ ). Svojim pravcem i smerom pružanja teži da povuče težište tela ili sistema vertikalno na dole. Ovoj sili se odupire mišićna sila i održava određeni položaj tela ili segmenata (McGinnis, 2013).

Najmanja mišićna sila potrebna je u slučaju kada je težište tela direktno iznad površine oslonca, koja predstavlja površinu ograničenu linijom koja spaja sve spoljne ivice dodirne tačke tela sa podlogom. U drugom slučaju, kada vežbač npr. u predručenju drži teg, težište sistema telo-teg se pomera unapred (u zavisnosti od mase vežbača i tega), a samim tim i ispred površine oslonca. Gravitaciona sila teži da povuče telo, osim u smeru vertikalno nadole, i u smeru unapred i potrebno je uložiti veću mišićnu silu da se održi uspravan položaj ili izvršiti kompenzatorni pokret (npr. pomeranje tela unazad, bez odizanja stopala, kako bi se težište sistema telo-teg vratilo iznad površine oslonca), (McGinnis, 2013).

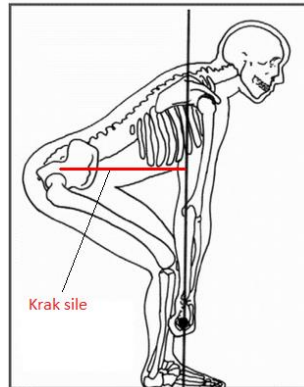
U odnosu na zglob ramena, teg, svojom težinom, stvara moment sile otpora. Na ovu fizičku veličin utiče težina ruke i tega, i krak sile, koji predstavlja horizontalno rastojanje težišta sistema ruka-teg od centra rotacije, odnosno zgloba ramena (gledano u sagitalnoj ravni). Moment sile otpora jednak je proizvodu težine sistema i kraka te sile :

$$\mathbf{M_o} = \mathbf{G} * \mathbf{a}$$

gde je  $\mathbf{M_o}$  – moment sile otpora,  $\mathbf{G}$  – težina segmenta i  $\mathbf{a}$  – krak sile.

Može se zaključiti da se povećanjem težine i/ili odaljavanjem težišta sistema od centra rotacije, povećava moment sile otpora. Da bi se zadržao položaj predručenja neophodno je da moment sile mišića, u ovom slučaju m.deltoideusa (najviše prednje glave) bude jednak momentu sile otpora. Mišićni moment jednak je proizvodu kraka mišićne sile i njegovog intenziteta. Kako je krak, zahvaljujući anatomske-mehaničkim analizama, uvek poznat, izjednačavanje momenata

se vrši podešavanjem intenziteta mišićne sile, odnosno njegove aktivacije (McGinnis, 2013). Na slici 5. može se videti krak sile težine tega u odnosu na zglob kuka, upravo u vežbi mrtvo dizanje, konvencionalnom tehnikom.



Slika 5. Krak sile težine tega u odnosu na zglob kuka

(preuzeto i modifikovano sa: <http://colinhaller.blogspot.rs/2009/08/exercise-spotlight-trap-bar-deadlift.html>)

Radi ispunjavanja nekog cilja, konkretno podizanja što veće težine tega, potrebno je uspešno rešiti određene zadatke. Jedan od njih je vršenje pokreta u takvom optimalnom položaju u kome su kraci svih sila što je moguće manji i projekcija težišta tela što blize površini oslonca (Stone i O'Bryant, 1987). Na slici 6. može se videti jedna od razlika između konvencionalne i sumo varijante tehnike mrtvog dizanja. U pitanju je drugačija dužina kraka sile, iz čega se može zaključiti da će, pošto je u prvom slučaju (levo) krak sile težine tega veći u odnosu na sumo varijantu, aktivnost mišića opružaća u zglobu kuka biti mnogo veća (Escamilla i sar., 2002).



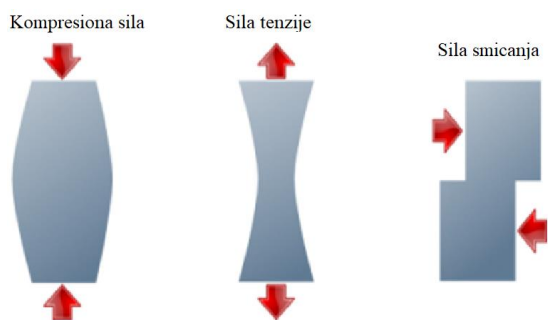
Slika 6. Različiti kraci sile težine tega u odnosu na zglob kuka

(preuzeto sa <http://www.powerliftingtowin.com/powerlifting-technique-deadlift-form/>)



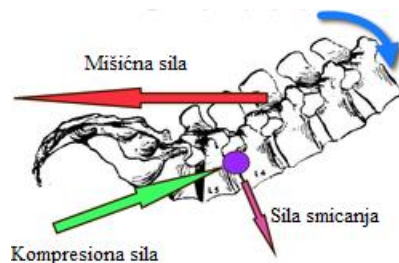
## 5. Mehanika kičmenog stuba prilikom izvođenja mrtvog dizanja

Prema pravcu i smeru pružanja sila koje deluju na različite strukture i tkiva, razlikujemo kompresiju, tenziju i silu smicanja (McGill, 2016). Za analizu mehanike lumbalnog dela kičme tokom mrtvog dizanja nećemo se fokusirati na tenzionu silu jer teži da „razvuče“ tkiva i nije mnogo prisutna u našoj vežbi. Kompresiona sila je najčešće rezultat zbira gravitacione sile, odozgo i sile reakcije podloge, odozdo. Sila smicanja se na primeru kičmenog stuba može objasniti kao sila koja deluje normalno na uzdužnu osu kičme i teži da izazove „klizanje“ pršljenova u jednom smeru. Na slici 7. se može videti grafički prikaz pravca sila koje deluju na kičmene pršljene (McGill, 2016).



Slika 7. Kompresiona, tenziona i sila smicanja

Anatomija kičmenog stuba je prilično kompleksna. Da bismo razumeli na koji način se održava neutralan položaj odnosno pravilna lumbalna lordoza analiziraćemo pravac delovanja m. Erector spinae (kasnije i ligg. Interspinales koji povezuju spinalne nastavke pršljenova). Sa slike 8. se može zaključiti da mišićna sila kontradeluje u odnosu na silu smicanja i održava uravnotežen odnos sila sa obe strane kičme. Dr Stuart McGill razlikuje dva tipa sile smicanja. Prvi, na slici prikazan je reakciona sila smicanja koja je rezultat gravitacione sile koja deluje na gornji deo tela i teg. Koliko je naš trup bliži horizontali toliko je veća ova sila. Međutim prava sila smicanja, koju McGill naziva zglobova sila smicanja je zbir reakcione i sile mišića i ligamenata. Na osnovu te ukupne sile možemo proceniti da li je izvođenje tehnike prihvatljivo ili potencijalno rizično.



Slika 8. Uticaj sila na kičmeni stub

Prilikom mrtvog dizanja projekcija težišta tega i gornjeg dela tela nalaze se relativno daleko od lumbalnog dela kičme, pa je krak veliki a samim tim i moment sile otpora. Ovo uzrokuje veliko opterećenje na L4/L5 i L5/S1 zglobo (McGill, 2016). Kako je krak sile erektora mali, neophodna je njihova jaka aktivacija kako bi se momenti izjednačili i kičma održala neutralan položaj. Rezultantna sila ovih mišića ima jaku radijalnu komponentu koja deluje u smeru stabilizacije. Odozdo, na pršljenove, preko nogu i karlice, deluje sila reakcije podloge koja zajedno sa mišićnom stvara jaku kompresionu silu. Ona u ovom slučaju pojačava stabilnost lumbalnog dela kičme i deluje protiv sile smicanja.

Kao što je rečeno, aktivacija mišića erektora neutrališe jednim delom silu smicanja i u ovom slučaju interspinalni ligamenti nemaju značajnu ulogu jer je kičma već u eksteniranom položaju. Ukoliko čvrstina muskulature nije na zahtevanom nivou narušava se pravilan položaj kičme i dolazi do zakrivljenja u suprotnom smeru (sa konveksitetom na gore). Izvođenje vežbe na ovaj način, najveća je i najopasnija greška u tehnici. Osim nepravilne forme, ovo se može desiti kada je moment sile otpora toliko veliki (velika težina tega) da sila mišića erektora ne može da održi neutralan položaj kičme i leđa počinju da se krive. Tada se spinalni nastavci kičmenih pršljenova odaljavaju jedni od drugih i interspinalni ligamenti, koji ih povezuju, pojačavaju svoju silu (McGill, 2016). Može se zaključiti da sada ligamenti preuzimaju odgovornost za održavanje stabilnosti. Iako su kod treniranih sportista ove vezivne strukture jače nego kod prosečnog čoveka, ipak nisu dovoljno jake da izdrže velika opterećenja.

## 6. Vežba mrtvo dizanje

Kada se izvodi pravilno, mrtvo dizanje poboljšava apsolutnu snagu, brzinsku snagu, stepen prirasta mišićne sile (eng. *Rate of force development - RDF*), pokretljivost i stabilnost trupa. Jačanjem mekih tkiva i čvrstine kostiju smanjuje se mogućnost povrede tokom sportskih ili svakodnevnih aktivnosti (Syatt, 2015). Trening po tipu maksimalnog opterećenja, neiskusne vežbače može dovesti do povrede mišića, tetiva ili nekih drugih tkiva. Mrtvo dizanje je jedna od visoko rizičnih vežbi. Učenje ispravne forme nije moguće bez iskusnog trenera. Kerr i saradnici dosli su do rezultata da 90,4% povreda nastaje vežbanjem sa slobodnim tegom, kakva je i naša vežba (Sutthiprapa i sar., 2017).

Mrtvo dizanje predstavlja meru opšte jačine celog tela i jedna je od tri vežbi u powerlift takmičenju (McGuigan i sar., 1996). Cilj ove sportske grane je podizanje što veće težine tega i uključuje jos i čučanj i potisak sa klupe. U treningu je primenjuju u skoro svim sportskim granama (ragbi, kosarka, odbojka, powerlifting, bodybuilding...) Neke od pogodnosti upotrebe ove vežbe su poboljšanje stabilizacije zglobova, bolje izvodjenje sportskih veština i razvoj ukupne snage i jačine (Mannie 1997). Veoma često se primenjuje u kasnijim fazama oporavka od povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, i to jačanjem mišića zadnje lože buta koji stabilizuju koleno sa zadnje strane (Escamilla i saradnici, 2001). Mnogi režimi treninga sa opterećenjem, čiji je cilj postizanje rezultata ili u powerliftingu, bodibildingu ili pri oporavku, preporučuju mrtvo dizanje kao jako korisnu vežbu. Iako izgleda jednostavno, podići teg sa podloge, usavšavanje ove vežbe nije nimalo lako i zahteva mnogo vežbe.

Koriste je vežbači svih nivoa sposobnosti i sa različitim ciljevima, jer je to višezglobna vežba sa širokim opsegom pogodnosti. Mnogi smatraju da se primenjuje usmereno za razvoj mišića nogu, jer su oni odgovorni za izvršenje pokreta, dinamičkom kontrakcijom. Ali mišići ledja, i gornji i donji delovi, trupa, ramena i ruku su takođe jako aktivirani, izometrijskom kontrakcijom, kako bi stabilizovali zglobove ili držali teg. Primer za to može biti aktivacija m. Latissimus dorsi koja je na 70% od maksimalne i kod treniranih i kod netreniranih. Dokazano je i da izometrijske kontrakcije razvijaju snagu i masu mišića.

Prema Farleju (1995) postoje dve varijante mrtvog dizanja – sumo i konvencionalna. Pipper i Waller (2001) opisuju sumo tehniku kao varijantu sa širokim stavom , divergentnom pozicijom stopala sa ispruženim rukama koje drže šipku između kolena. U konvencionalnom stilu stav je u širini ramena, dok ispružene ruke drže šipku van kolena. Obe tehnike su prihvatljive na takmičenjima. Konvencionalna varijanta ima jaču motornu regrutaciju posteriornog lanca (mišići zadnje lože buta, gluteus maximus, erector spinae) dok sumo varijanta prebacuje opterećenje sa donjeg dela leđa na quadriceps. Na slici 9. prikazan je početni i završni položaj konvencionalne (levo) i sumo (desno) varijante.



Slika 9. Konvencionalna(levo) i sumo(desno) varijanta tehnike mrtvog dizanja

## 7. Analiza početnog položaja mrtvog dizanja

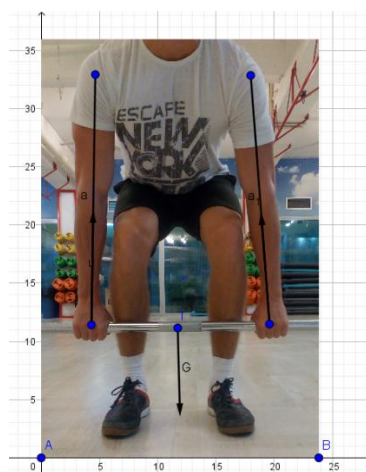
### 7.1 Hvat

#### Konvencionalna varijanta

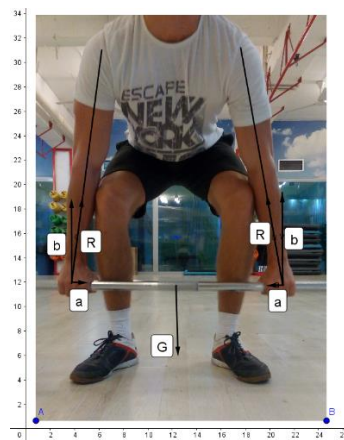
Ukoliko bismo tražili od čoveka koji se nikad nije bavio ovim aktivnostima, da izvede vežbu, on će instinktivno uhvatiti teg dlanovima nadole, odnosno nadhvatom. Ovo je prirodni, najosnovniji хват i treba ga koristiti u početku i koliko god je to moguće , sve dok ne postane limitirajući faktor. Kada se povećanjem težine tega predje granica mogućnosti mišića podlaktice, teg počinje da “klizi” i da ispada iz ruku. Tada treba promeniti način držanja i koristiti mešoviti

hvat. Ovo je druga varijanta koji karakteriše hvat jednom rukom u podhvat u drugom u nadhvat. Pravac pružanja prstiju leve i desne ruke je suprotnog smera i na ovaj način se stvara “zaključan” hvat koji podnosi mnogo veće težine tega.

Ukoliko bi se od početka trenažnog procesa koristio mešoviti hvat postojala bi mogućnost stvaranja mišićne neravnoteže. Drugi problem je veliko opterećenje na ruci koja je u supinaciji, koje može da izazove povredu m. biceps brachii-a ili zgloba lakta.



Slika 10. Hvat u širini ramena



Slika 11. Širi hvat i razlaganje sile

Sa slika se može videti dva načina izvođenja vežbe kada je širina hvata u pitanju. Slika 10. pokazuje tehniku u kojoj se ruke pružaju vertikalno nadole zaklapajući ugao sa šipkom od 90 stepeni. U ovom slučaju sila kojom delujemo na teg nema horizontalnu komponentu i važi  $F=G/2$  (Jarić, 1994). Ovo je najefikasnija širina hvata. Delujemo silom 100% u horizontalnom smeru. Osim toga smanjuje se putanja koju teg prelazi u vertikalnom pravcu.

Na slici 11. prikazan je širi hvat, samim tim i razlaganje sile kojom delujemo na teg. Osim vertikalne (b) pojavljuje se i horizontalna komponenta (a). Ona teži da primakne ruke jednu ka drugoj. Na ovaj način se opterećuje najslabija karika ovog kinetičkog lanca, a to su šake. Daljim povećanjem horizontalne komponente ili težine tega može doći do popuštanja hvata i nemogućnosti da se vežba izvede iako je opterećenje manje od 1RM (Jarić, 1994).

Široki hvat povećava putanju koju prelazi teg i zahteva mnogo veću mobilnost i pokretljivost u zglobu kuka (u suprotnom narušava se neutralan položaj kičmenog stuba i može doći do povrede) i smanjuje efikasnost izvođenja vežbe.

U ovom slučaju opterećenje se može izračunati preko obrasca:

$$F = G/2 \times \cos \alpha$$

gde je  $\alpha$  ugao između R i b (Jarić, 1994).

### Sumo varijanta

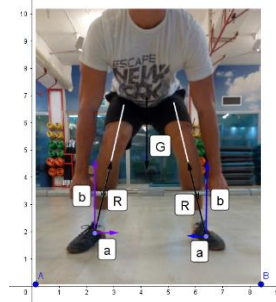
U sumo varijanti, metodom statičke analize utvrđeno je da je хват najjači ako su ruke u širini ramena, normalne u odnosu na horizontalu (Jarić, 1994). Nema razlaganja sile reakcije tega. Ovom zakonitošću se ispoljavaju najefikasniji uslovi za podizanje što veće težine tega sa što manjim utroškom energije. Kao i u konvencionalnoj varijanti poželjno je koristiti хват nadhvatom. Ukoliko mišići podlaktice popuste usled velike mase tega, kao i u konvencionalnoj varijanti postoji mogućnost korišćenja mešovitog hvata. Prema ispitivanjima McGuigana i Wilson, preporučljiva širina hvata je  $55 \pm 10$  cm za konvencionalnu varijantu i  $47 \pm 4$  cm za sumo varijantu.

## 7.2 Stav

Fizička karakteristika tega, kao i svakog drugog predmeta je njegova težina (G), koja je proizvod mase (m) i gravitacionog ubrzanja (g) :  $(G = m \times g)$  – drugi Njutnov zakon. (McGinnis, 2013). Da bi mrtvo dizanje bilo izvedeno telo mora delovati svojom aktivnom mišićnom silom, protiv gravitacije, istim pravcem ali suprotnim smerom i većim intenzitetom (u suprotnom ne bi bilo kretanja tega) -prvi Njutnov zakon. Sistem telo-teg svojom težinom zajedno deluju na podlogu preko nogu, konkretnije preko stopala. Podloga istim pravcem i intenzitetom, ali suprotnim smerom deluje na naše telo i na taj način omogućava podizanje tereta, odnosno izvršenje motoričnog zadatka – treći Njutnov zakon. Ova sila kojom deluje podloga na nas naziva se sila reakcije podloge (McGinnis, 2013).



Slika 12. Uži stav (bez razlaganja sile reakcije sile podloge)

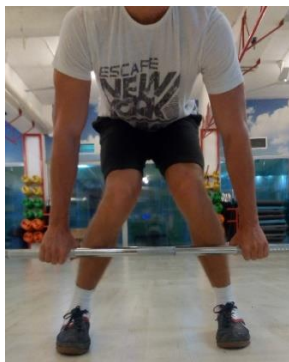


Slika 13. Šiti stav i razlaganje sile reakcije podloge na horizontalnu (a) i vertikalnu (b) komponentu

Na slici 12. prikazan je stav u širini kukova. Sila reakcije podloge deluje 100% u vertikalnom smeru opterećujući podjednako i medijalne i lateralne delove kolena i skočnog zgloba. U ovoj varijanti stopala su postavljena paralelno. Prednost ovog stava je ta što kolena ne blokiraju ruke i samim tim postoji mogućnost hvata u širini ramena, koji je najefikasniji.

Širi stav (slika 13.) kao i širi hvat predstavlja grešku u tehnici jer rezultantu sile reakcije podloge deli na dve komponente (a i b), (Jaric, 1994). Horizontalna komponenta (a) teži da približi noge jednu drugoj i opterećenje prebacuje, jednim delom, na aduktore u zglobu kuka. Sila koju proizvode donji ekstremiteti nije usmerena 100% vertikalno pa je samim tim njen intenzitet manji. Drugi problem širokog stava je što kolena blokiraju ruke i neophodan je širi hvat ili podizanje tega savijenim rukama u zglobu lakta, koje stvara rizik od povrede m. biceps brachii i samog lakta.

Ukoliko se stopala postavljaju paralelno u širokom stavu (slika 14.), zbog svog pravca pružanja u odnosu na težište tela, pritisak na podlogu ćemo vršiti preko unutrašnjih delova stopala a rasteretićemo spoljašnje. Zbog težine gornjeg dela tela i tega kolena teže da se savijaju medijalno, gledano u frontalnoj ravni. Na ovaj način se sa povećanjem težine tega povećava i opterećenje unutrašnjih delova kolena i skočnog zgloba i mogućnost povrede.



Slika 14. Široki paralelni stav



Slika 15. Širi stav sa divergentnim položajem stopala

Druga moguća varijanta stava prikazana je na slici 15. Stopala su malo više razmaknuta u divergentnom položaju, sa prstima čiji je pravac usmeren upolje. Pravac pružanja kolena, mora pratiti pravac pružanja prstiju. Prednost ovakvog početnog položaja nogu je u tome što se smanjuje amplituda pokreta u zglobu kuka, moment sile otpora tega, omogućava trupu da za nekoliko stepeni bude bliži vertikalni, prebacuje opterećenje sa lumbalnog dela kičme na mišiće nogu. Sve ovo čini tehniku efikasnijom i moguće je podizanje veće težine tega. Nedostatak ove varijante je što širi položaj kolena zahteva i širi hvat (koji je u prethodnom poglavlju analiziran). Prema ispitivanjima McGuigana i Wilsona optimalna širina stava je  $32 \pm 8$  cm.

### Sumo varijanta

Najosnovnija razlika u odnosu na konvencionalnu varijantu je širina stava. Sumo varijanta čija je prosečna širina stava  $77 \pm 11$  cm, dva do tri puta je veća u odnosu na konvencionalnu ( $32 \pm 8$  cm), (slika 16). Prednost ove forme je smanjena amplituda pokreta. Širim stavom celo težište tela se spušta, vertikalno pomeranje tega je manje, a samim tim manji izvršeni mehanički rad i energetska potrošnja (McGuigan i Wilson, 1996). Ove dve varijante razlikuju se i po položaju stopala, gledano u transverzalnoj ravni. Kako bi se ispoljili najbolji mehanički uslovi za podizanje maksimalne težine, u sumo varijanti stopala su pozicionirana pod uglom od 45° upolje (Escamilla i sar., 2001).





Slika 16. Sumo varijanta tehnike mrtvog dizanja  
(preuzeto sa <http://deadliftpotential.com/sumo-deadlift-benefits>)

Glavni zadatak u izvođenju tehnike mrtvog dizanja jeste približiti težište tega težištu svog tela, kako bi rezultat bio bolji (Stone i O'Bryant, 1987). Na ovaj način se smanjuju krak i moment sile otpora tega, pa je zahtevani intenzitet, kojim telo treba da deluje, manji i veća težina tega se može podizati. Upravo u sumo varijanti uslovi za ispoljavanje ovog svojstva su povoljniji nego u konvencionalnoj varijanti. Široki stav i divergentan položaj stopala glavni su preduslovi za približavanje težišta tela težištu tega. To se postiže spoljašnjom rotacijom natkolenice, u zglobu kuka i postavljanjem kolena što više upolje, odnosno (u trasnverznoj ravni) što šire. Približavanjem kukova šipci opterećenje se prebacuje na mišiće opružace u zglobu kolena. U suprotnom, odaljavanjem kukova od šipke, opružacima kuka raste udeo u izvođenju pokreta.

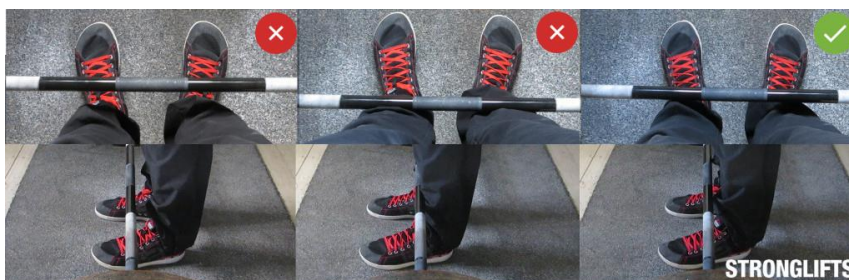
Dalje širenje stava, kolena i više divergentan položaj stopala, odnosno veća spoljašnja rotacija u zglobu kuka stvara bolje uslove za približavanje težišta tela vertikalnoj projekciji težišta tega, ali postoje ograničenja. Sama postojanost mišića aduktora i smanjena pokretljivost i mobilnost u zglobu kuka predstavljaju ograničavajući faktor (McGuigan i Wilson, 1996). Pogrešno je koristiti sumo varijantu i uži stav, jer se svi povoljni mehanički uslovi ne ispoljavaju, a povećava se krak sile otpora tega i vertikalno pomeranje tega, čime tehnika postaje neefikasna.

Greška je primenjivati paralelni široki stav. Sila reakcije podloge bi se razlagala na dve komponente, kolena ne bi mogla da se postave upolje, teg i gornji deo tela stvarali bi ogromno opterećenje na unutrašnje delove kolena i skočnog zgloba, što predstavlja rizik od povrede. Ukoliko je u početnom položaju izvršena prevelika spoljašnja rotacija natkolenica, onemogućava se spuštanje težišta tela bez preklona trupa i pomeranja kukova unazad, zbog zatezanja mišića privodioca kuka. Drugi problem je, iako je pokretljivost u zglobu kuka kod vežbača dobra, prema

relaciji sila-dužina, mišići aduktori zbog svoje prevelike izduženosti nemaju dobre mehaničke uslove da ispolje svoju silu.

### 7.3 Položaj šipke

Kako vertikalna projekcija težišta sistema telo-teg seče centralni deo stopala (gledano u sagitalnoj ravni) sledi da je najlakse započeti vežbu iz ove pozicije (kada se šipka, u transverzalnoj ravni, nalazi iznad srednjeg dorzalnog dela stopala). Pomeranje tega unazad ili unapred i započinjanje vežbi iz tih pozicija izazvaće neke mehaničke promene koje se mogu okarakterisati kao greške u tehnici, koje umanjuju efikasnost izvođenja, svaka na svoj način. Na slici 17. se vide tri varijante početne pozicije šipke u odnosu na stopalo. U prvom slučaju (levo) šipka je u ventralnom smeru odaljena od projekcije težišta tela, dok za drugi slučaj (u sredini) važi suprotno odstupanje, u dorzalnom smeru. Treći deo slike (desno) predstavlja ispravan položaj.



Slika 17. Tri različita položaja šipke u odnosu na stopalo u ventralno-dorzalnom pravcu

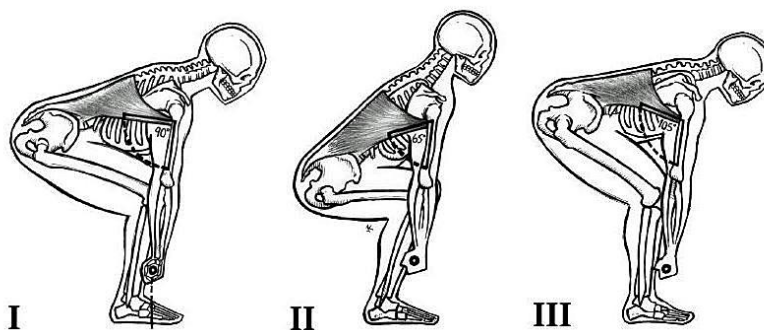
Podizanje tega koji je iznad prstiju (ili jos više pomeren unapred) povećava krak a samim tim i moment sile otpora (odaljavanjem tega od zgloba kuka koji je centar rotacije), zahteva od gluteusa i mišića zadnje lože jaču aktivaciju, kako bi njihov moment mišićne sile nadmašio moment sile otpora. Smanjuje se stabilizacija lumbalnog dela kičme i energija se neefikasno troši. Kasnije m. latissimus dorsi troši dodatku količinu energije da vrati teg što bliže centru rotacije a time se nepoželjno povećava putanja. Ukoliko je teg previše blizu potkolenice će onemogućiti teg da se kreće pravilnom putanjom.

## 7.4 Visina kukova i položaj ruku

### Konvencionalna varijanta

Na slici 18. prikazana su tri početna položaja sa različitim visinama kuka. Prvi slučaj je za razliku od druga dva ispravan položaj. Niža pozicija kukova utiče na pomeranje potkolenica i kolena napred što ne dozvoljava šipki da bude iznad srednjeg dela stopala. Pored toga opterećenje se prebacuje na m.quadriceps femoris, koji kasnije u fazi podizanja tega prvo opruža kolena a onda podiže kukove, što je potpuno neispravno i bespotrebno. Ukoliko vežbač ima dobru pokretljivost u zglobu kuka moguće je povući kolena unazad ali se onda i kukovi pomeraju u istom smeru ovećava se krak sile otpora i vežba se dodatno otežava.

Drugi neispravan slučaj (III) je previše visoka pozicija kukova. Mišići zadnje lože su previše izduženi i prema relaciji sila-dužina može se zaključiti da ne mogu efikasno da produkuju silu ako je težina tega velika. Drugi problem je mali ugao koji trup sklapa sa horizontalom. Nastaje jaka sila smicanja u lumbalnom delu kičme i pojavljuje se rizik od povrede. Ramena su, u sagitalnoj ravni, previše ispred tega, tako da se teg odaljava od centra rotacije (u ovom slučaju zglob ramena) pa bi bilo neophodno bespotrebno trošenje energije da m. latissimus dorsi drži šipku priljubljen uz telo.



Slika 18. Tri različita početna položaja po kriterijumu visine kukova

(preuzeto sa <http://www.powerliftingtowin.com/powerlifting-technique-deadlift-setup/>)

Slika 18. - prvi primer predstavlja pravilan početni položaj. Kolena ne prelaze prste stopala, mišići zadnje lože nisu ni previše skraćeni ni previše izduženi, neutralan je položaj kičme, ramena

su malo ispred šipke, težište tela je iznad srednjeg dela stopala, iznad koga se i šipka nalazi. Optimalna visina kukova, u isto vreme, smanjuje ugao u zglobu kolena, tako da sam početak podizanja tega vrši m.quadrices femoris kako bi se smanjio stres koji lumbalni deo kičme treba da izdrži (Groves, 2000).Poznato je da je krak sile mišića najveći kada je ugao pripajanja 90%. Sila je 100% tangencijalna i mišić tada na najefikasniji način ispoljava silu, odnosno ima najbolje mehaničke uslove da rotira neki segment oko centra rotacije. U fazi podizanja m. latissimus dorsi mora aktivno da približava teg telu i sa slike 18. vidimo da će široki mišić ledja manje energije potrošiti za rad u prvom nego u trećem primeru (u drugom je centar rotacije (rame) skoro iznad tega, pa aktivacija mišića nije neophodna).

### Sumo varijanta

U početnom položaju sumo varijante ruke su, u sagitalnoj ravni, postavljene vertikalno nadole i moraju biti potpuno ispružene u zglobu lakta. Zbog položaja trupa koji je bliži vertikalni nego u konvencionalnoj varijanti, nije potrebna velika aktivacija m. latissimus dorsi-ja da bi se teg držao blizu tela.Visina kukova zavisi od širine stava. Ukoliko su stopala više razmaknuta, kukovi će biti na manjoj visini u početnom položaju i obrnuto. Glavni zadatak sumo varijante je približavanje kukova vertikalnoj projekciji težišta tega, samim tim i smanjenje kraka sile. Ovim se opterećenje prebacuje sa opružaća kukova na m.quadriceps femoris.

Položaj trupa u sumo varijanti je nekoliko stepeni bliži vertikalni nego u konvencionalnoj varijanti i direktno zavisi od položaja nogu (slika 19.). Ukoliko je pokretljivost u zglobu kuka velika, i omogućava širu poziciju kolena, onda ce i trup biti više ispravljen, jer će kukovi biti bliži šipci i obrnuto. Na ovaj način se smanjuje sila smicanja, koja deluje na pršljenove lumbalnog dela kičme pod uticajem opterećenja tega i gornjeg dela tela, samim tim i rizik od povrede. Osim toga nije potrebna ogromna aktivacija mišića opružaća kičmenog stuba i moguće je sa većim težinama održati neutralan položaj kičme.



Slika 19. Razlika u uglovima koje zaklapa trup sa horizontalom u dve različite varijante mrtvog dizanja (preuzeto sa <http://www.powerliftingtowin.com/powerlifting-technique-deadlift-form/>)

## 8. Analiza faze opružanja

### 8.1 Konvencionalna varijanta

Samo opružanje tela, iz početnog položaja, u cilju podizanja tega vertikalno na gore, treba biti simultano i u zglobu kuka i u zglobu kolena (Evans, 201). U slučaju da se prvo kolena opruže, a teg se ne podigne dovoljno i trup ostane u horizontalnom položaju (ili sa horizontalom zaklapa mali ugrao) m.latissimus dorsi bi morao da približi teg nogama, za šta je potrebna velika sila (u zavisnosti od mase tega, koji teži da dodje u položaj ispod centra rotacije, odnosno ramena), m. quadriceps femoris gubi udeo u funkciji, smanjuje se broj mišićnih grupa i ukupna sila (Ilić i Mrdaković, 2009). Ukoliko široki mišić leđa nije u mogućnosti da približi teg težištu tela u toku pokreta, i podiže se sa određenim rastojanjem u odnosu na potkolenice i natkolenice, ostvaruje se veliki krak sile otpora, a time i moment sile otpora (slika 20.).



Slika 20. Podizanje tega sa većim krakom sile težine tega

Mišići koji dominantno vrše pokret u konvencionalnoj varijanti: m.biceps femoris, m.semitendinosus, m. semimembranosus, m.gluteus maximus, m.erector spinae i m.quadriceps femoris (Escamilla i sar. 2001). Kako je ovo kompleksna vežba koja opterećuje celo telo i mnogi drugi mišići moraju biti uključeni kako bi stabilizovali pokret i neutralizali kretanja u nepredviđenim ravnima, a to su: m.triceps surae, m.tibialis anterior, privodioci u zglobu kuka, trbušni mišići, m.latissimus dorsi i m.trapezius (Escamilla, 2001).

Opružanje u zglobu kolena izvodi m.quadriceps femoris, a u isto vreme mišići zadnje lože i m.gluteus maximus vrše opružanje u zglobu kuka. Ove grupe mišića rade u izotoničnom režimu i odgovorni su za dinamiku pokreta (Ilić i Mrdaković, 2009). Da bi kičmeni stub zadržao neutralan položaj tokom pokreta, neophodna je visoka aktivacija m.erector spinae, koji radi izometrijskom kontrakcijom. Široki mišić leđa približava teg potkolenicama i natkolenicama, kako bi se smanjio krak sile otpora težine tega i deluju kvaziizometrijskom kontrakcijom sa malom promenom svoje dužine (Evans, 2010). Trbušni mišići deluju kao stabilizatori, kontrolišu intraabdominalni pritisak (Ilić i Mrdaković, 2009). Prilikom pokreta težište sistema telo-teg nalazi je nešto ispred površine oslonca i to utiče na pomeranje celog sistema unapred. M.triceps surae izometrijskom kontrakcijom deluje na ceo sistem u smeru unazad i održava ravnotežni položaj. M.trapezius, m.rhomboideus i ostali retraktori lopatice stabilizuju zglobov ramena (Ilić i Mrdaković, 2009).

## **8.2 Sumo varijanta**

U fazi opružanja vežbač se svojom mišićnom silom bori protiv sile gravitacije, koja zavisi od mase tega i vežbača. Tek kada je nadmaši, dolazi do podizanja tega i izvršenja motoričkog zadatka. Pošto su sumo i konvencionalna, dve različite varijante iste vežbe, iste mišićne grupe vrše pokret, ali sa različitim nivoima aktivacije (Escamilla i sar. 2001). Na osnovu osnovnih razlika, u formi izvođenja može se zaključiti, zaključuje se da drugi mišići dominantno vrše opružanje.

U sumo varijanti zbog širokog stava i pozicije kolena, i zbog manjeg momenta sile otpora tega u odnosu na zglob kuka, opružanje u vertikalnom smeru dominantnije vrše m.quadriceps

femoris i primicači u zglobu kuka nego ekstenzori (Escamilla i sar., 2001). Zbog pozicije trupa koja je bliža vertikalni nego u konvencionlanoj varijanti, aktivnost m.erectora spinae je manja. Manji stres trpi lumbalni deo kičme i manji je rizik od povrede (McGill, 2016). Takođe je i aktivnost m. Latissimus dorsi-ja manja jer je ugao između nadlaktice i trupa, i manji je krak sile težine tega (Ilić i Mrdaković, 2009).

Prema ispitivanjima koje su izvršili Escamilla i saradnici (2000.), prilikom podizanja maksimalne težine totalno vreme za izvršenje vežbe, za konvencionalnu varijantu bilo je  $4,08 \pm 0,86$  sec i  $3,62 \pm 0,70$  sec za sumo varijantu. To je i razumljivo ukoliko se u razmatranje uzme dobijen rezultat za vertikalni pređeni put težišta tega koji je za sumo varijantu bio  $21,1 \pm 2,2\%$  od visine vežbača i  $26 \pm 2,3\%$  za konvencionalni stil. Na osnovu ovih informacije može se izračunati izvršen mehanički rad i utrošak energije. Važno je napomenuti da u obe varijante u fazi opružanja mišići opružajući rade u režimu koncentrične kontrakcije.

### 8.3 Mehanički rad

Istraživanjem koje su sprovedli McGuigan i Wilson dokazano je da težište tega i sistema trup, ruke, glava i teg u konvencionalnoj varijanti ima 20-25% veći pređeni put u odnosu na sumo varijantu. To je i razumljivo obzirom na to da su u sumo varijanti amplitude pokreta manje zbog same forme izvođenja. Najviše uticaja na to ima stav, koji je u sumo 2 do 3 puta širi nego u konvencionalnoj varijanti tehnike. Širokim stavom težište tela se spušta. Kako je u sumo varijanti, u početnom položaju, u zglobu kolena, ugao između potkolenice i natkolenice veći nego u konvencionalnoj varijanti, može se zaključiti da će opružanje segmenata i podizanje tega biti izvršeno manjom amplitudom pokreta. Izvršen mehanički rad predstavlja delovanje sile duž nekog puta i jednak je upravo njihovom proizvodu, ako sila deluje u pravcu pomeranja tela (Siff, 2000):

$$A = F * S$$

A - izvršeni rad (J – džul), F – intenzitet sile (N- njutn), ili u našem slučaju težina tega ili i tega i gornjeg dela tela, S – pređeni put težišta tega ili sistema (m – metar).

Prilikom izvršenja vežbe mrtvo dizanje na dva različita načina, u uslovima jednake težine tega, iz gore prikazane jednačine može se zaključiti da će izvršeni rad biti za 25-30% manji u sumo nego u konvencionalnoj varijanti tehnike.

#### 8.4 Energetska potrošnja

Kako se mrtvo dizanje smatra kompleksnom vežbom, koja opterećuje sve veće mišićne grupe, energetska potrošnja za izvođenje je izrazito velika. Jednačinom, koju je Braun koristio, može se izračunati potrošnja kiseonika:

$$VO_2 = 2,63 + 0.80(A)$$

VO<sub>2</sub> predstavlja potrošnju kiseonika (L), 2,63 je konstanta a A- izvršen mehanički rad, podizanjem tega izražen u kilo džulima (kJ).

Analizom različitih varijanti tehnike mrtvog dizanja mogu se uočiti različite energetske potrošnje za svaku od njih. Za iskusnog vežbača, mase 80kg, koji vrši vertikalno pomeranje težišta tega u konvencionalnoj 0,444m i u sumo varijanti 0,353m može se pretpostaviti da je 1RM - 220kg. Hence je kvantifikovao totalan mehanički rad za 4 serije po 8 ponavljanja, i njegovi rezultati za konvencionalnu varijantu su 24,4kJ, dok su za sumo varijantu 19.4kJ. Iz gore navedene formule može se izračunati ukupna potrošnja kiseonika (VO<sub>2</sub>), i dobiti za konvencionalni 22,1L i 18,1L za sumo varijantu tehike. Kako je za sagorevanje 1L kiseonika potreba potrošnja energije od, otprilike, 5 kcal, za 4 serije po 8 ponavljanja predviđeni utrošak energije bio bi 111 kcal za konvencionalnu i 91 kcal za sumo varijantu.



## **9. Analiza faze pregibanja**

Druga prelazna faza, vraćanje u početni položaj, treba biti ista kao i opuštanje ali u suprotnom smeru. U powerliftingu, takmičarima nije bitno spuštanje tega, čak često ove faze i nema. Ali u treningu jačine i snage neophodna je ova faza, kako bi se optimalno opteretio organizam. Mišićni režim opružaća u zglobu kuka i kolena je sada ekscentričan (Ilić i Mrdaković, 2009). Aktivacija ekstenzora se kontrolisano smanjuje, sila gravitacije nadvladava mišićnu silu i dolazi do pregibanja. Stabilizatori i neutralizatori su i u ovoj fazi izometrijski aktivni.

Teg se spušta vertikalno nadole (Evans, 2010). U sumo varijanti kukovi se povlače unazad koliko je manje moguće, drže što je moguće blize vertikalnoj projekciji šipke, toliko da se teg i ruke kreću vertikalno nadole, kolena se vraćaju u početni položaj, prate pravac pružanja prstiju stopala (Evans, 2010). U konvencionalnoj varijanti, prvo se kukovi povlače unazad, pravi se pretklon trupom, potkolenice su pod pravim uglom u odnosu na horizontalu, sve dok šipka ne pređe kolena. Tada je dozvoljeno spuštanje kukova, na račun blagog pregibanja u zglobu kolena, zbog prevelikog opterećenja na lumbalnom delu kičme.

## **10. Zaključak**

Mnoge su pogodnosti koje sa sobom donosi redovno vežbanje. Pored pozitivnih uticaja na kardiovaskularni, respiratorni, lokomotorni sistem, vežbanje utiče i na vedro raspoloženje, razvija socijalne i komunikacione veštine i utiče na opšti razvoj ličnosti vežbača. Glavni cilj treninga predstavlja stvaranje specifičnih adaptacionih procesa kako bi se poboljšali sportski rezultati. Snaga, odnosno mišićna snaga predstavlja sposobnost generisanja maksimalne spoljne sile. Tako da se snaga sportiste često određuje kao njegova sposobnost da savlada spoljašnji otpor ili da mu se suprotstavi pomoću mišićnih naprezanja, odnosno mišićnom silom. Snaga je neophodna za postizanje rezultata u svim sportskim disciplinama. Može direktno i indirektno da utiče na uspešnost U sportskom treningu, opterećenje u organizmu ostvaruje neke promene: akutne, neposredne, kumulativne, odložene i zaostale. Kod funkcionalno anatomske i biomehaničke

analize pokreti ljudskog tela, mogu se definisati referentnim koordinatnim sistemom, koji je definisan frontalnom, sagitalnom i transverzalnom ravni. Zglobovi, kao spojevi između dve ili više kostiju, mogu se podeliti na nepokretne, polupokretne i pokretne. Za ostvarivanje maksimalnih performansi (visina, dužina skoka, generisana snaga tokom odskoka itd.) potrebno uključivanje motornih jedinica koje imaju visok prag aktivacije. Moment sile otpora jednak je proizvodu težine sistema i kraka te sile. U izometriji, moment sile mišića i moment sile otpora jednakog su intenziteta.

Prema pravcu i smeru pružanja, sila koje deluju na različite strukture i tkiva, razlikujemo kompresiju, tenziju i silu smicanja. U mrtvom dizanju sila smicanja povećava se sa približavanjem trupa horizontali. U konvencionalnoj varijanti opterećenje na lumbalnom delu kičme veće je nego u sumo varijanti. Iz tog razloga, vežbači sa povređenim leđima mogu lakše upražnjavati sumo varijatu. Mrtvo dizanje predstavlja meru opšte jačine celog tela i jedna je od tri vežbi u powerlift takmičenju. Cilj ove sportske grane je podizanje što veće težine tega i uključuje jos i čučanj i potisak sa klupe. U treningu je primenjuju u skoro svim sportskim granama. Neke od pogodnosti upotrebe ove vežbe su poboljšanje stabilizacije zglobova, bolje izvodjenje sportskih veština i razvoj ukupne snage i jačine. Veoma često se primenjuje u kasnijim fazama oporavka od povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, jačanjem mišića zadnje lože buta koji stabilizuju koleno sa zadnje strane. Statičkom analizom utvrđeno je da je hvat jači ukoliko su ruke bliže horizontali. U konvencionalnoj varijanti stav je u širini ramena, sa divergentnom pozicijom stopala ( $10-15^\circ$ ), hvat je što bliži vertikalnom položaju ruku (u frontalnoj ravni),  $55 \pm 10$ cm, tako da se kolena nalaze između ruku, kukovi su na većoj udaljenosti od vertikalne projekcije tega, nego u sumo varijanti, tako da trup sa horizontalnom sklapa manji ugao. Sportisti, čiji je cilj jačanje posteriornog lanca mišića trebaju koristiti konvencionalnu varijantu. Podizanje velikih težina, ovom varijantom, ne optećuje previše zglob kolena, i zbog toga je dobro primenjivati konvencionalnu varijantu u kasnijim fazama oporavka od povrede prednjih ukrštenih ligamenata. U muslukatura najzaslužniju za vršenje pokreta spadaju mišići zadnje lože buta, m.gluteus maximus i manje m.quadriceps, dok je najaktivniji stabilizator m.erector spinae. Sumo varijanta se razlikuje u tome što je stav širi 2 do 3 puta (70-80cm), stopala su postavljena pod uglom od 45 stepeni, pređeni put koji prelazi teg je manji, kolena su pozicionirana široko (upolje), kukovi su blizu tegu, manji je moment sile otpora, trup je blizu vertikali. Zbog veće fleksije u zglobu kolena, u sumo varijanti, mnogo veći udeo u opružanju imaju m.quadriceps femoris i primicači u zglobu kuka. Opterećenje na lumbalnom delu

kičme je manje u odnosu na konvencionalnu varijantu, tako da je i potrebna manja aktivacija m.erector spinae i manji je rizik od povrede. Vežbači koji imaju slabije opružake kičme, mogu primenivati ovu varijantu, ako su ti mišići ograničavajući faktor. Neki sportisti, powerlifteri, bodybuilderi, zbog volumena svojih mišića nogu i stomaka ne mogu fizički da budu u neophodnoj početnoj poziciji (savijeni u zglobu kuka). Oni mogu primenjivati sumo varijantu, u kojoj se kolena postavljaju upolje, i pravi se prostor za spuštanje trupa.

## 11. Literatura

- Ilić, B. D., Mrdaković, V. (2009): *Neuromehaničke osnove pokreta*, I izdanje, Biomehanika, Beograd, MTS Gajić.
- Jarić, S.(1993): *Biomehanika humane lokomocije sa osnovama kineziterapije*, Beograd, FFK.
- Jarić, S. (1994): *Praktikum iz biomehanike*, Beograd, FSFV.
- McGinnis, P. (2013): *Biomechanics of sport and exercise*, New York, Human Kinetics.
- Bošković, M. (2005): *Anatomija čoveka : deskriptivna i funkcionalna*, Beograd, Naučna KMD.
- Nikolić, Z. (2003): *Fiziologija fizičke aktivnosti*, Beograd, FSFV.
- Stefanović, Đ. (2011): *Filosofija, nauka, praksa i teorija sporta*, Beograd, FSFV.
- Matić, M. (2015): *Metodološki aspekti optimizacije intenziteta kod skoka iz saskoka*. Doktorska disertacija, FSFV, Beograd.
- Escamilla i sar. (2000): *A three-dimensional biomechanical analysis of sumo and conventional style deadlifts*, Med Sci Sports Exercise.
- Escamilla i sar. (2001): *An electromyographic analysis of sumo and conventional style deadlifts*, Med Sci Sports Exercise.
- Zatsiorsky, V. (2009): *Nauka i praksa u treningu snage*, Beograd, Data status.
- Mitić, D.(2001): *Rekreacija*, Beograd, Studio PLUS.

,