

# Biomehanička analiza pokreta pri vježbanju slobodnim utezima - utvrđivanje ograničenja i preporuka

---

**Benedik, Filip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:119487>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-14**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Filip Benedik**

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Aleksandar Sušić, dipl. ing.

Student:

Filip Benedik

Zagreb, 2020.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru izv. prof. dr. sc. Aleksandru Sušiću na literaturi, savjetima, idejama i pomoći pri izradi završnog rada.

Također, hvala obitelji i prijateljima koji me prate i pomažu tijekom studiranja.

Posebno hvala izuzetno pristupačnom osoblju teretana koje sam posjetio te mom prijatelju Vjeranu koji je pomogao pri izvedbi praktičnog dijela rada.

Filip Benedik



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Filip Benedik** Mat. br.: 0035212973

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Biomehanička analiza pokreta pri vježbanju slobodnim utezima – utvrđivanje ograničenja i preporuka**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Biomechanical analysis of movements in free weights training - identification of limitations and recommendations**

Opis zadatka:

Mjere prevencije ozljeda i unaprjeđenja zdravlja obuhvaćaju i preporuke vježbanja, s potrebom isticanja pripremljenosti mišića leđa i abdomena kao glavne nositelje prevencije od lošeg držanja i povezanih ozljeda. Također, preporuke o vježbanju složenim kretnjama opravdane su nužnošću unaprjeđenja složene mišićne među-koordinacije neophodne za biomehanički sklad lokomotornog sustava. Unatoč navedenim prednostima, ovi oblici vježbanja kriju i opasnosti, kojima se ne posvećuje dovoljna pažnja. Razlog je tome što se preporuke o oblicima vježbanja obično preslikavaju iz sustava pripreme vrhunskih sportaša, čija je temeljna pripremljenost, edukacija i vještina kretnji znatno drugačija i naprednija od početnika, rekreativaca i mladih.

Cilj rada je provesti biomehaničku analizu pokreta pri vježbanju slobodnim utezima, prvenstveno s ciljem utvrđivanja ograničenja i preporuka, te upravo onih pokazatelja i uvjeta primjene koji bi značajno smanjili opasnosti i rizike koji se kriju u ovim oblicima vježbanja.

U radu je potrebno:

- Provesti biomehaničku analizu složenih pokreta vježbanja;
- Analizom utvrditi sve kritične uvjete te značajke uspješne i djelotvorne primjene;
- Definirati zahtjeve, ograničenja i željene značajke opreme, naprava i pomagala kako bi se osiguralo poboljšanje primjene;
- Predložiti moguća poboljšanja ili predložiti novo konstrukcijsko rješenje koje bi omogućilo kontrolirano terapijsko i sportsko vježbanje.

Opseg biomehaničke analize, oblikovanja eventualnog prijedloga konstrukcijskog poboljšanja i izrade dokumentacije dogovoriti tijekom izrade rada. Svu dokumentaciju izraditi pomoću računala. U radu navesti korištenu literaturu, kao i eventualnu pomoć.

Zadatak zadan:  
28. studenog 2019.


Datum predaje rada:  
**1. rok:** 21. veljače 2020.  
**2. rok (izvanredni):** 1. srpnja 2020.  
**3. rok:** 17. rujna 2020.

Predvideni datumi obrane:  
**1. rok:** 24.2. – 28.2.2020.  
**2. rok (izvanredni):** 3.7.2020.  
**3. rok:** 21.9. - 25.9.2020.

Zadatak zadao:

  
Izv. prof. dr. sc. Aleksandar Sušić

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

## SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Biomehanika.....	3
2.1. Anatomske ravnine.....	3
2.2. Pokreti u određenim ravninama.....	4
2.2.1. Pokreti u sagitalnoj ravnini.....	4
2.2.2. Pokreti u frontalnoj ravnini.....	5
2.2.3. Pokreti u horizontalnoj ravnini.....	6
3. Vježbanje.....	7
3.1. Ciljevi vježbanja.....	7
3.2. Aktivacija mišića.....	8
3.2.1. Mišićna kontrakcija.....	8
3.3. Slobodni utezi.....	9
3.4. Vježbanje slobodnim utezima.....	10
3.4.1. Prednosti vježbanja slobodnim utezima.....	10
3.4.2. Nedostaci vježbanja slobodnim utezima.....	10
4. Biomehanička analiza pokreta pri vježbanju slobodnim utezima.....	11
4.1. Čučanj.....	11
4.2. Mrtvo dizanje.....	18
4.3. Potisak s klupe (eng. bench press).....	23
4.4. Stojeći potisak.....	28
4.5. Veslanje u pretklonu.....	32
5. Značajke uspješne i djelotvorne primjene.....	35
6. Smith mašina.....	37
6.1. Smith mašina s vertikalnom putanjom.....	37
6.2. Smith mašina s kosom putanjom.....	41
6.3. 3D Smith mašina.....	43
7. Moguća poboljšanja opreme.....	46
8. Zaključak.....	49
Literatura.....	51

## POPIS SLIKA

Slika 1.1. Kružni graf za najčešće uzroke ozljeda u fitness centrima .....	1
Slika 2.1. Tri ravnine ljudskog tijela [3].....	3
Slika 2.2. Primjer fleksije i ekstenzije u sagitalnoj ravnini [4].....	4
Slika 2.3. Primjer abdukcije i adukcije u frontalnoj ravnini [4] .....	5
Slika 2.4. Pronacija i supinacija ruke [6].....	5
Slika 2.5. Medijalna i lateralna rotacija (lijevo), horizontalna fleksija i ekstenzija (desno) [4] .6	
Slika 3.1. Primjer ekscentrične, koncentrične i izometrične kontrakcije pri čučnju [8] .....	9
Slika 3.2. Bučice i šipka [9].....	9
Slika 4.1. Čučanj .....	12
Slika 4.2. A - Ravna leđa, koljeno u ravnini s vrhom stopala - povoljno B – Ravna leđa, koljeno prelazi liniju vrha stopala – nepovoljno [12] .....	13
Slika 4.3. Razlika momenata ovisno o krakovima sile.....	14
Slika 4.4. Antropometrijske razlike kod čučnja .....	15
Slika 4.5. Stabilizacija kralježnice prilikom čučnja [12].....	16
Slika 4.6. Putanja šipke pri silaznoj fazi čučnja.....	17
Slika 4.7. Putanja šipke pri uzlaznoj fazi čučnja.....	17
Slika 4.8. Mrtvo dizanje.....	18
Slika 4.9. A - Pravilna krivulja kralježnice B – Hiperekstenzija lumbalne kralježnice, nepravilan položaj [12].....	19
Slika 4.10. Redoslijed radnji pri mrtvom dizanju .....	19
Slika 4.11. Stabilizacija kralježnice povećanim intraabdominalnim i intratorakalnim tlakom te posteriornom silom [12] .....	20
Slika 4.12. Antropometrijske razlike pri mrtvom dizanju .....	21
Slika 4.13. Putanja šipke pri uzlaznoj fazi mrtvog dizanja.....	22
Slika 4.14. Putanja šipke pri silaznoj fazi mrtvog dizanja.....	22
Slika 4.15. Potisak s klupe .....	23
Slika 4.16. a) nepravilan        b) pravilan zahvat.....	24
Slika 4.17. Zahvat bez palca .....	24
Slika 4.18. Početni položaj potiska s klupe – nema momenta [12].....	25
Slika 4.19. Donji položaj - javlja se moment [12] .....	25
Slika 4.20. Opušni karakter mišića pomaže pri podizanju utega kod potiska s klupe [12] ....	26
Slika 4.21. Putanja šipke pri silaznoj fazi potiska s klupe.....	27
Slika 4.22. Putanja šipke pri uzlaznoj fazi potiska s klupe.....	27
Slika 4.23. Stojeći potisak.....	28
Slika 4.24. Nepotrebno povećanje kraka sile udaljavanjem šipke od ramenog zgloba [12] ....	29
Slika 4.25. Preširok zahvat dovodi do stvaranja nepotrebnih momenata.....	30
Slika 4.26. Putanja šipke pri uzlaznoj fazi stojećeg potiska .....	31
Slika 4.27. Putanja šipke pri silaznoj fazi stojećeg potiska .....	31
Slika 4.28. Veslanje u pretklonu .....	32
Slika 4.29. Putanja šipke pri uzlaznoj fazi veslanja u pretklonu.....	34
Slika 4.30. Putanja šipke pri silaznoj fazi veslanja u pretklonu.....	34
Slika 6.1. Smith mašina s vertikalnom putanjom.....	37
Slika 6.2. Posebna izvedba čučnja na Smith mašini.....	38
Slika 6.3. a) slobodan čučanj    b) čučanj sa šipkom    c) čučanj na Smith mašini .....	40
Slika 6.4. Smith mašina s kosom putanjom .....	41
Slika 6.5. a) pravilna pozicija kuke        b) nepravilna pozicija kuke.....	42

---

Slika 6.6. 3D Smith mašina.....	43
Slika 6.7. Razlog mogućeg zakretanja šipke u horizontalnoj ravnini .....	44
Slika 6.8. Sustav vodilica 3D Smith mašine .....	44
Slika 6.9. Šipka Smith mašine bez sigurnosne kuke .....	45
Slika 7.1. Mehanizam prijedloga poboljšanja.....	46
Slika 7.2. Koncept rješenja .....	47



## SAŽETAK

Vježbanje slobodnim utezima jedan je od najčešćih načina vježbanja te ga ne koriste samo profesionalni sportaši i treneri, već i početnici, rekreativci i mladi ljudi. Vrlo je bitno smislenom biomehaničkom analizom pokreta pri vježbanju slobodnim utezima utvrditi ograničenja i preporuke zbog toga što nepravilnim izvođenjem može doći do ozbiljnih ozljeda. Biomehanička analiza izvršena je za pet temeljnih vježbi uz posebno obraćanje pažnje na trajektoriju šipke u sagitalnoj ravnini te međusobne položaje i kuteve između određenih segmenata tijela i zglobova. Iz rezultata analize je zaključeno na što treba obratiti pozornost, koje su značajke uspješne i djelotvorne primjene te su ukazane najčešće nepravilnosti i kako ih ispraviti. Dobivene trajektorije šipke ukazale su na neodgovarajuće izvedbe određenih naprava i pomagala za vježbanje, no također su pokazale mogućnosti poboljšanja istih. Uz to, biomehaničkom analizom dobila se podloga za definiranje željenih značajki opreme i sprava za vježbanje. Pregledom tržišta uočena je naprava za vježbanje koja bi zadržala prednosti vježbanja slobodnim utezima uz pružanje veće razine sigurnosti – Smith mašina. Sažetom analizom ukazani su nedostaci te sprave te je na kraju dano konceptualno rješenje koje bi poboljšalo njenu primjenu.

Ključne riječi: biomehanika, slobodni utezi, šipka, pokret, putanja

## **SUMMARY**

Free weights training is one of the most common ways of working out and it is not only used by professional athletes and trainers, but also by beginners, amateurs and young people. It is very important to determine limitations and recommendations with a biomechanical analysis of movements in free weights training, because serious injuries can occur if exercising is done incorrectly. Biomechanical analysis was carried out for five compound exercises with special attention to bar trajectory while looking from the sagittal plane and relative positions and angles between certain body parts and joints. It was concluded, from the results of the analysis, which things should especially be looked out for and what are the features of successful and effective application. Also, the most common mistakes were pointed out and ways to correct them were given. Obtained trajectories pointed out the inadequate construction of certain machines and gym equipment, but they also go to show that there is a way to improve said equipment. Biomechanical analysis also provided a base on which to define wanted features of the exercising equipment. While researching the existing exercising solutions a certain machine was noticed that keeps the benefits of free weights training while providing a higher level of security – the Smith machine. Some disadvantages of the Smith machine were given by a brief analysis. Thus, at the end, a conceptual solution of an improved Smith machine was given which would improve its use.

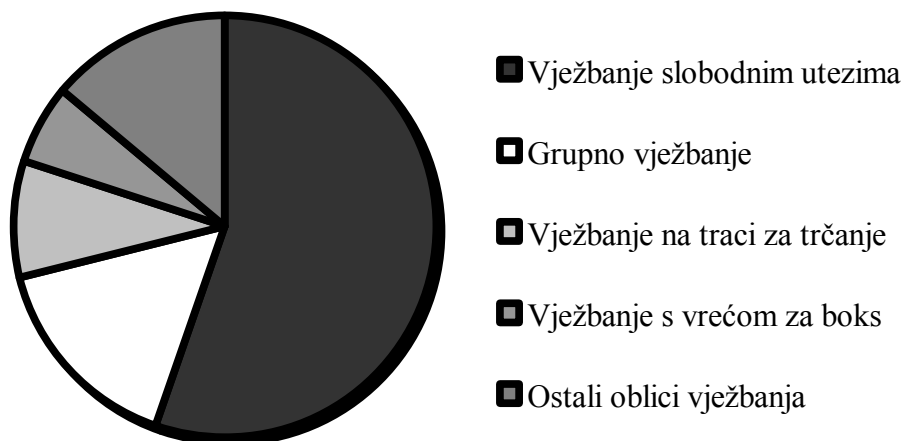
Key words: biomechanics, free weights, barbell, movement, trajectory

## 1. Uvod

Sa sve većim brojem ljudi koji žele poraditi na vlastitom tijelu, povećava se i količina informacija dostupna u vezi prehrane, pojedinih vježbi, načina njihovog izvođenja, važnosti određenih mišića te brojne druge stvari. Iako su te informacije lako dostupne, one nužno ne moraju biti i ispravne. Često su ljudi usredotočeni samo na ishod svog zacrtanog cilja, npr. dobiti mišićnu masu ili skinuti masne naslage. Nepravilnim radom na tom putu je moguće nanijeti više štete nego koristi svom tijelu, počevši od manjih problema kao istegnuća pa sve do dugotrajnih problema vezanih sa zglobovima, hrskavicama, ligamentima, tetivama i mišićima.

Vježbanje slobodnim utezima može biti jedan od najučinkovitijih načina vježbanja, ako se izvodi pravilno, ili jedan od najopasnijih, ako se ne vodi računa o načinu izvođenja određenih pokreta.

Provedeno je istraživanje koje je za cilj imalo ustanoviti najčešće uzroke ozljeda pretrpljenih u fitness centrima. [1] Prikupljeni su podaci od 1856 pacijenata u razmaku od 14 godina te su rezultati prikazani dijagramom na Slici 1.1.



**Slika 1.1. Kružni graf za najčešće uzroke ozljeda u fitness centrima**

Čak 55,2 % svih ozljeda uzrokovano je nekim oblikom vježbanja slobodnim utezima. [1] Iz toga se može zaključiti da nepravilno vježbanje slobodnim utezima ne mora samo nositi dugotrajne posljedice na biomehanički sklad tijela, već su ozljede moguće i u trenutku obavljanja vježbi. Zbog toga je od velike važnosti uputiti populaciju, pogotovo onu koja tek

kreće s vježbanjem, na pravilan način obavljanja pokreta pri vježbanju slobodnim utezima, budući da je to jedan od najčešćih načina vježbanja. Iako je bitan razvitak svih mišićnih grupa, mišići leđa i abdomena su glavni nositelji prevencije ozljeda.

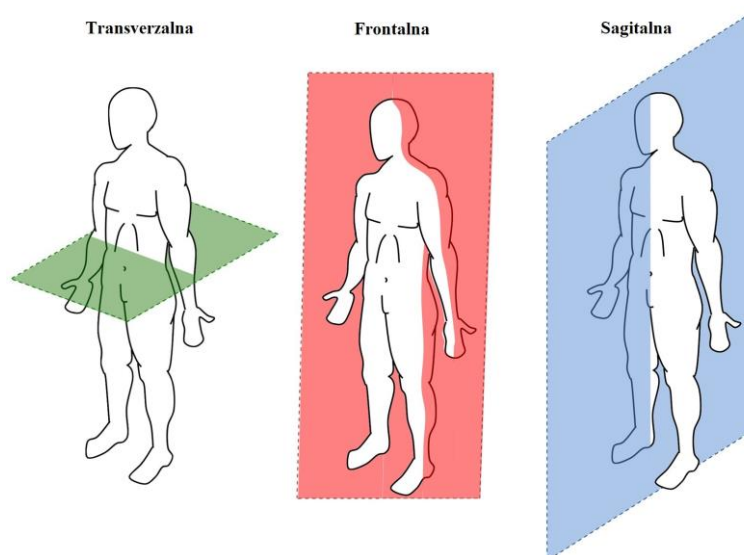
Cilj rada je provesti biomehaničku analizu pokreta pri vježbanju slobodnim utezima, te na temelju analize utvrditi ograničenja i preporuke. Važno je shvatiti kako se i zašto neki pokret izvodi, te utvrditi biomehaničku pozadinu pokreta, a ne samo slijepo vjerovati svim izvorima podataka bez razmišljanja.

## 2. Biomehanika

Biomehanika je pojam koji se koristi za znanost koja primjenjuje zakone mehanike na živa bića. Ona se bavi brojnim aspektima interakcije živih organizama i okoline, te interakcije koja se događa unutar samih organizama. Primjenjuje se za analizu ljudskog hoda, kretnji, mehanizme ozljeda, dizajn opreme za trening, ergonomski prihvatljiv dizajn i slično. Biomehanička analiza je širok pojam koji može podrazumijevati kinetičku, kinematičku ili dinamičku analizu živih bića, međusobnu interakciju tkiva u tijelu, strujanje tjelesnih tekućina, stvaranje i način trošenja energije, prijenos sila kroz ljudsko tijelo te mnoštvo drugih stvari. [2]

### 2.1. Anatomske ravnine

Budući da se tijelo u biomehanici promatra kao mehanički sustav, potrebno je na njega primjeniti odgovarajući koordinatni sustav. Korišten je pravokutni koordinatni sustav koji se sastoji od tri ravnine: frontalne (koronalne), sagitalne i transverzalne (horizontalne). Slika 2.1 prikazuje navedene tri ravnine ljudskog tijela.



Slika 2.1. Tri ravnine ljudskog tijela [3]

Sagitalna ravnina je vertikalna ravnina koja polazi od posteriornog dijela (stražnjeg) prema anteriornom (prednjem), te dijeli tijelo na lijevu i desnu polovicu.

Frontalna (koronalna) ravnina je također vertikalna, prolazi od lijeve do desne strane tijela, te dijeli tijelo na posteriornu i anteriornu polovicu.

Horizontalna ravnina dijeli tijelo na gornji (superior) i donji (inferior) dio. [4]

## 2.2. Pokreti u određenim ravninama

### 2.2.1. Pokreti u sagitalnoj ravnini

Fleksija (savijanje) je pokret u kojem se kut između dva segmenta tijela smanjuje. Za primjer fleksije može poslužiti primicanje podlaktice prema nadlaktici.

Ekstenzija je pokret u kojem se kut između dva segmenta tijela povećava, ili jednostavnije rečeno, ekstenzija je povratni pokret fleksije. [4]

Slika 2.2 prikazuje primjer navedenih kretnji, odnosno fleksije i ekstenzije.

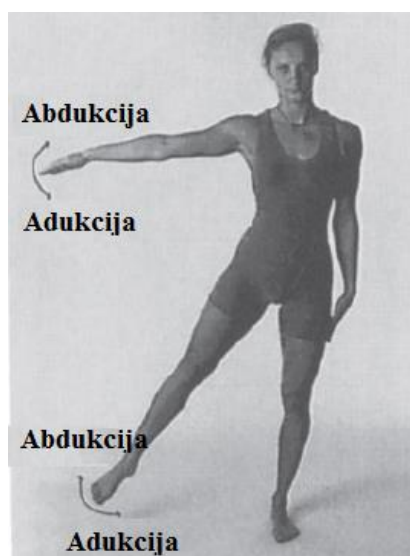


Slika 2.2. Primjer fleksije i ekstenzije u sagitalnoj ravnini [4]

### 2.2.2. Pokreti u frontalnoj ravnini

Abdukcija je pokret u frontalnoj ravnini u kojem se segment tijela udaljava od sredine tijela. Adukcija je pokret u kojem se segment tijela približava sredini tijela, tj. adukcija je povratna kretnja abdukcije. [4]

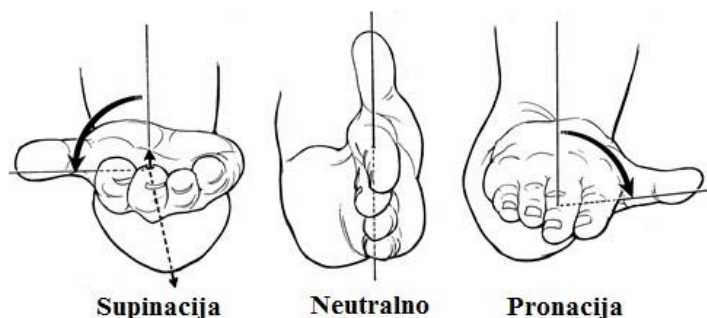
Slika 2.3 prikazuje primjer abdukcije i adukcije ruke, odnosno noge.



Slika 2.3. Primjer abdukcije i adukcije u frontalnoj ravnini [4]

Pronacija i supinacija termini su koji se koriste za opisivanje rotacije stopala i ruku. Pronacija je rotacijski pokret u kojem se dlan ili stopalo rotiraju prema središnjoj ravnini tijela, dok supinacija podrazumijeva rotiranje segmenta od središnje ravnine tijela prema van. [5]

Pronacija i supinacija ruke prikazana je na Slici 2.4.



Slika 2.4. Pronacija i supinacija ruke [6]





### 3. Vježbanje

#### 3.1. Ciljevi vježbanja

Vježbanje nosi brojne pogodnosti, ne samo po oblik i građu ljudskog tijela, već i po općenito zdravlje pospješivanjem učinkovitosti bioloških procesa u tijelu, održavanjem normalnih količina tvari u organizmu i slično. Općenito, neki od konkretnijih ciljeva vježbanja su sljedeći: [2]

- Povećati maksimalnu ili eksplozivnu snagu
- Povećati ritam stvaranja ili savladavanja sile
- Pripremiti mišiće za savladavanje velikih sila u određenom vremenskom periodu
- Pripremiti mišiće za savladavanje malih sila u dužem vremenskom periodu
- Postići hipertrofiju mišića i vezivnog tkiva

Za postizanje tog cilja, bitni su sljedeći parametri te njihovo određivanje: [2]

- Željena razina tjelesne spremne
- Vrsta primjenjivane mišićne kontrakcije
- Brzina pokreta u različitim fazama pokreta
- Redoslijed vježbi
- Odnos aktivacije mišića pokretača i stabilizatora
- Optimalni statički i dinamički opseg pokreta
- Povijest vježbanja pojedinca
- Povijest ozljeda pojedinca
- Trenutna razina tjelesne spremne pojedinca

Trenutna razina tjelesne spremne pojedinca i njegova povijest treniranja i bavljenja sportom je jedan od najvažnijih parametara kada se pojedincu preporuča režim vježbanja te kada on usvaja određene pokrete po prvi put. Kao što je već rečeno, za početnike i rekreativce je izuzetno bitno da na početku vježbanja pravilno usvoje način izvođenja pokreta koje će izvoditi duži vremenski period, te shodno tome, dobiti zadovoljavajuće ili nezadovoljavajuće rezultate.

## 3.2. Aktivacija mišića

Izvođenje različitih pokreta s vanjskim opterećenjem zahtijeva određenu razinu snage i pripremljenosti mišića koji su aktivirani pri njegovom izvođenju. Poznata je činjenica da je snaga proporcionalna poprečnom presjeku mišića, stoga veći mišići imaju potencijal za razvijanje većih razina snage od mišića manjih poprečnih presjeka. No, moguće je razvijanje snage bez da se poveća poprečni presjek mišića. Dakle, na razvoj snage utječu brojni drugi faktori. Mišić će proizvesti veću snagu ako se velik broj mišićnih vlakana aktivira istovremeno. U pokretu u kojem različiti mišići nisu koordinirano i pravilno aktivirani proizvest će se manja snaga. [2]

### 3.2.1. Mišićna kontrakcija

Svi pokreti posljedica su aktivacije mišića, stoga je bitno spomenuti različite vrste mišićne kontrakcije, a to su izotonička, izometrička, izokinetička i izoinercijska.

Izotonička kontrakcija je kontrakcija pri kojoj napetost u mišićima ostaje konstantna, iako se dužina mišića promjenila.

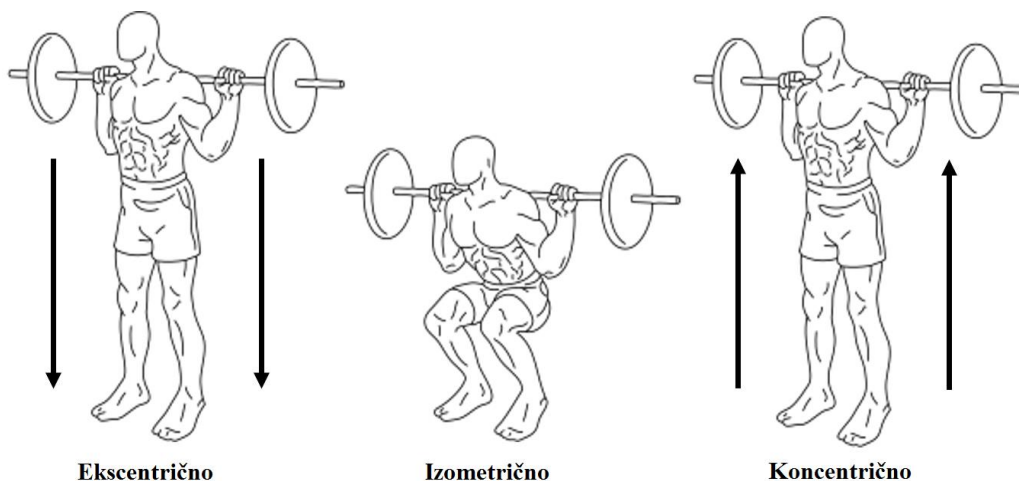
Kod izometričke kontrakcije mišića napetost se stvara bez promjene dužine mišića. Najbolji primjer izometričke kontrakcije je kada se rukama stisne neki predmet – zglobovi ne mijenjaju svoj položaj, ali se razvija mišićna sila potrebna da predmet ne padne iz ruke.

Izokinetička kontrakcija podrazumijeva kontrakciju koja se odvija pri konstantnoj brzini gibanja. Taj termin je krivo shvaćen, budući da je nemoguće da mišić kontrahira po cijelom putu konstantnom brzinom. Prema Newtonovom zakonu, da bi se proizvelo gibanje iz stanja mirovanja potrebna je akceleracija, dakle konstantnu brzinu moguće je postići samo na određenom dijelu pokreta. [4]

Izoinercijska kontrakcija je kontrakcija koja se odvija pri konstantnom opterećenju, time osiguravajući maksimalnu mišićnu silu kroz čitav pokret mišića.

Dva pojma koja se također koriste za opisivanje kontrakcije su koncentrična i ekscentrična kontrakcija. U koncentričnoj fazi mišić se skraćuje jer kontrahira, a u ekscentričnoj fazi mišić usporava zglob na kraju pokreta te se mišićna vlakna izdužuju. Ekscentrični kontrahirajući mišić sposoban je proizvesti veću silu od koncentrični kontrahirajućeg. [4] [7]

Slika 3.1 prikazuje faze kontrakcije pri izvođenju čučnja. Pri spuštanju se primarna mišićna grupa (kvadriceps) produljuje, a pri podizanju se skraćuje. Između te dvije faze se događa izometrična kontrakcija.



**Slika 3.1. Primjer ekscentrične, koncentrične i izometrične kontrakcije pri čučnju [8]**

### 3.3. Slobodni utezi

Pod pojmom slobodni utezi podrazumijeva se teret koji nije spojen na neki fiksni dio opreme, te su s tim teretom mogući svi stupnjevi slobode gibanja u prostoru. Iako se tu ubrajaju medicinske lopte, girje i slična oprema, najvažniji predstavnici te skupine su bučice i šipke. Pri vježbanju s bučicama i šipkom potrebno je savladati silu gravitacije tereta koji se podiže. [8]



**Slika 3.2. Bučice i šipka [9]**

### 3.4. Vježbanje slobodnim utezima

Mnogi smatraju da se vježbanjem slobodnim utezima mogu postići svi željeni rezultati, tj. da je bitno samo regulirati pojedine parametre spomenute u poglavlju 3.1. Vježbanje slobodnim utezima ima mnogo pozitivnih strana, no također i negativnih, koje nije lako zanemariti.

#### 3.4.1. Prednosti vježbanja slobodnim utezima

Pokreti koji se izvađaju prilikom vježbanja slobodnim utezima mnogo su bliži pokretima iz svakodnevnog života, pa je samim time taj oblik vježbanja prirodniji. Već je prethodno spomenuto da slobodni utezi omogućuju tijelu da se pomiče kroz sve tri ravnine gibanja, što većim dijelom nije slučaj kod raznih fitness sprava. Samim time, veća je aktivacija i uključenost mišićnih skupina. Tijelo mora kontrolirati i podizati (i spuštati) opterećenje po određenoj krivulji, a za to su potrebni mišići stabilizatori koje je teže pogoditi vježbanjem na druge načine. Također, uključenost mišića leđa i abdomena je najveća pri ovom obliku vježbanja, što uvelike pomaže pravilnom držanju i sprječavanju ozljeda. Prilikom izvođenja iste vježbe, npr. čučnja sa slobodnim utezima i čučnja na nekoj vrsti opreme koja pomaže pri vježbanju, aktivacija istih mišićnih skupina je veća kada se radi sa slobodnim utezima. Slobodnim utezima je također moguće izolirati pojedine mišićne skupine, i samim time dovesti muskulaturu u balans. Za razliku od raznih pomagala i opreme, slobodni utezi zauzimaju malo mjesta, pa su dobra investicija ako se pojedinac odluči za vježbanje u vlastitom domu. [10]

#### 3.4.2. Nedostaci vježbanja slobodnim utezima

Najveći nedostatak vježbanja slobodnim utezima je svakako činjenica da je potrebno vrlo precizno i koordinirano izvođenje pokreta, te je potrebno pravilno usvojiti način njegova izvođenja. To nije potrebno samo zbog prevencije ozljede i povreda, već i zbog maksimizacije uložene energije i truda. Nepravilnim radom rezultati su sporije vidljivi, pa čak i izostaju. Ako se rade vježbe s većim opterećenjem, npr. *bench press* s opterećenjem većim od onog s kojim pojedinac obično vježba, lako se mogu dogoditi nezgode, pa čak i one smrtonosne. Zato je nekada potrebna dodatna osoba koja će paziti i uskočiti u pomoć pri izvođenju opasnih vježbi, tzv. *spotter*. Dakle, vježbanje slobodnim utezima je opasnije od drugih kontroliranih oblika vježbanja. [11]

## 4. Biomehanička analiza pokreta pri vježbanju slobodnim utezima

Postoji velik broj pokreta, a samim time i vježbi koje se izvode sa slobodnim utezima. Stoga će biomehanička analiza biti provedena za par glavnih vježbi koje aktiviraju veći broj mišića pri njihovom izvođenju (eng. *compound movements*). Te vježbe su: čučanj, mrtvo dizanje, potisak na klupi (eng. *bench press*), stojeći rameni potisak (eng. *overhead press*) i veslanje. U vježbama se ne koriste bučice, već šipka za dizanje, budući da je ona rasprostranjenija u korištenju u prethodno navedenim vježbama. Također, stabilizacijski dio vježbi je nešto lakši sa njom, te je moguće podesiti veće opterećenje. Relevantni dijelovi tijela pri analizi se promatraju kao poluge.

### 4.1. Čučanj

Čučanj je s razlogom prva vježba s kojom se radila biomehanička analiza. Često se naziva kraljem svih vježbi, budući da se prilikom pravilnog izvođenja čučnja aktivira cijelo tijelo. Najveće opterećenje se javlja na nogama, no veliko uključenje javlja se i kod donjeg dijela leđa, trbuha, stabilizatora te ostalih dijelova tijela.

Iako se na prvi pogled ne čini tako, čučnjevi su jedna od najsigurnijih vježbi za koljena, te pridonose daljnjem razvijanju stabilnosti koljena, naravno ako se izvode pravilno. Posteriorni lanac (gluteus, stražnja loža, leđa i pregibači kuka) je jedna od najbitnijih komponenti muskulature koja izravno utječe na gibanje i sklad cijelog tijela, te je glavni izvor snage, a pravilnim izvođenjem čučnja se ta mišićna skupina pozitivno stimulira. Visoka je razina aktivacije i mišića abdomena, što dalje pridonosi smanjenju ozljeda cijelog tijela, pravilnoj posturi i sl. [12]

Postoje razni načini izvođenja čučnja: stražnji, prednji, jednonožni, „Jeffersonov“, čučanj u stranu i sl. Ovdje je razmatran samo stražnji čučanj – najrasprostranjeniji i najčešći način izvođenja, budući da se aktivacija cijelog tijela pri ostalim varijantama ne može mjeriti s aktivacijom pri stražnjem čučnju. [13]

Slika 4.1 prikazuje izvođenje stražnjeg čučnja sa šipkom.



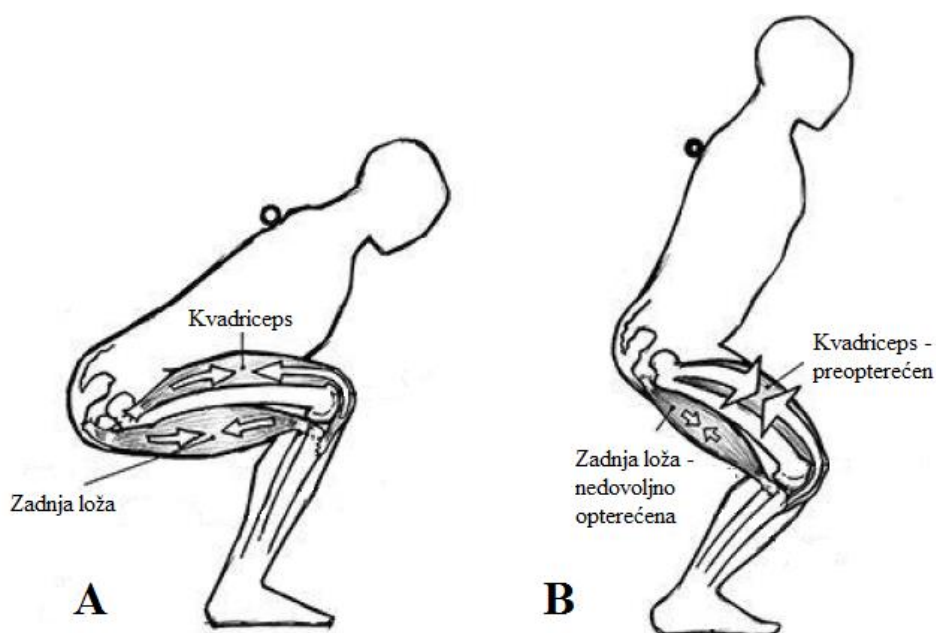
Slika 4.1. Čučanj

Izvor snage cijelog tijela nalazi se u kukovima, i sposobnost proizvodnja snage smanjuje se što se više udaljavamo od njih. Uz to, što je dio tijela udaljeniji od centra mase cijelog tijela, kutna brzina tog dijela tijela je veća pri izvođenju pokreta, pa je samim time i dio snage „lažan“, odnosno ne proizlazi iz mišićne aktivacije već je posljedica velike brzine segmenta. [12]

Čučanj je naizgled jednostavna vježba, no postoji mnogo detalja na koje je potrebno voditi računa. Prva faza čučnja je spuštanje – ekscentrična kontrakcija, a druga faza je dizanje – koncentrična faza. Vježbač na svoj gornji dio leđa (točnije lopatice) stavlja šipku, te je drži u ravnoteži na toj poziciji. Pete stavlja na otprilike širinu ramena, a prednji dio stopala eksterno se rotira na  $30^\circ$ . Koljena slijede prirodnu liniju sa stopalima tako da su femur i stopala paralelno, te prilikom spuštanja ne smije dolaziti do njihove interne ili eksterne rotacije. Na taj način je prilikom spuštanja maksimalna aktivacija vanjskih rotatora kuka i mišića prepona koji pridonose snazi i kontroli pri izvođenju vježbe. Kukove je potrebno „gurati“ prema natrag te paziti na to da koljena ne odu previše prema naprijed.

Jedna od najčešćih grešaka je izvođenje čučnja do nepotpunog krajnjeg položaja (tzv. half squat). Potrebno je spustiti se do položaja u kojem je femur paralelan s podlogom, a zglob kuka niže od vrha patele. Većina ljudi zna da je potrebno leđa izravnati prilikom čučnja kako se ne bi javila smična sila na kralježnici, te posljedično zbog toga i ozljeda. To je opravdana briga, budući da je najopasniji pokret za kralježnicu fleksija s rotacijom pod opterećenjem. No, u nastojanju da leđa ostanu ravna ne zabacuju kukove dovoljno unatrag, dopuštaju koljenima da krenu pretjerano prema naprijed te time narušavaju muskulaturnu ravnotežu uključenih mišića. Što je kut između leđa i podloge vertikalniji, to je manje opterećenje na zadnju ložu čija je svrha da pruži posteriornu silu i dovede u ravnotežu anteriorne sile na kvadricepsu i ostalim strukturama. Posljedica tog nesklada je ta da koljeni zglob preuzima ostatak sile, te se na koljenu javlja smično opterećenje. [12]

Slika 4.2 prikazuje pravilan čučanj s lijeve strane, i polučučanj s desne strane. Kod pravilnog čučnja sile posteriorne i anteriorne strane su izjednačene te je opterećenje koljenog zgloba minimalno, dok je kod nepravilnog izvođenja koljeno dovedeno u opasnost zbog pretjeranog opterećenja.

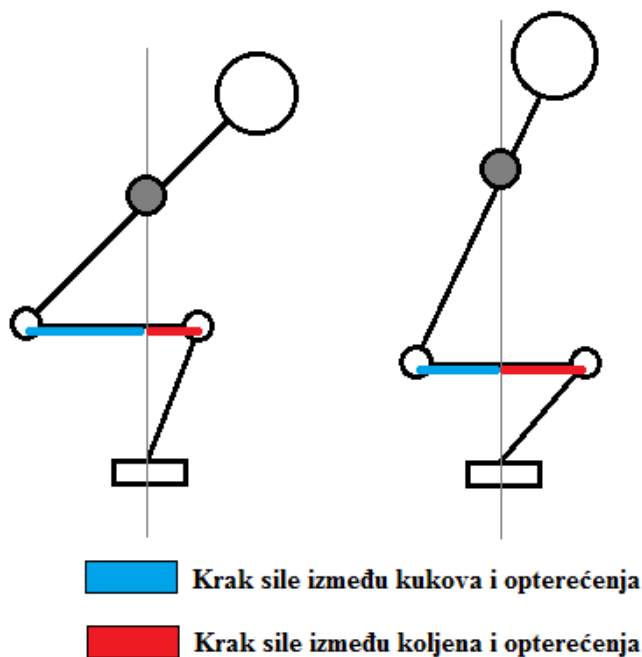


**Slika 4.2. A - Ravna leđa, koljeno u ravni s vrhom stopala - povoljno**  
**B – Ravna leđa, koljeno prelazi liniju vrha stopala – nepovoljno [12]**

Općenito, da bi sustav vježbača i šipke za vježbanje bio u ravnoteži, šipku i središte stopala mora povezivati zamišljena vertikalna linija. U početnom položaju čak će i neiskusni vježbač pravilno namjestiti šipku da se ispuni prethodni kriterij (jer će u svakom drugom položaju izgubiti stabilnost), no u krajnjem donjem položaju čučnja može doći do gubitka stabilnosti.

Ako postoji horizontalna udaljenost između sredine stopala i šipke (gledano u sagitalnoj ravnini), stvara se moment, te da bi sustav ostao u ravnoteži potrebno je primijeniti protumoment. To iziskuje izometričnu aktivaciju mišića nogu i njihovog umaranja, što je nepotrebno, budući da bi se ta energija mogla iskoristiti na podizanje tereta.

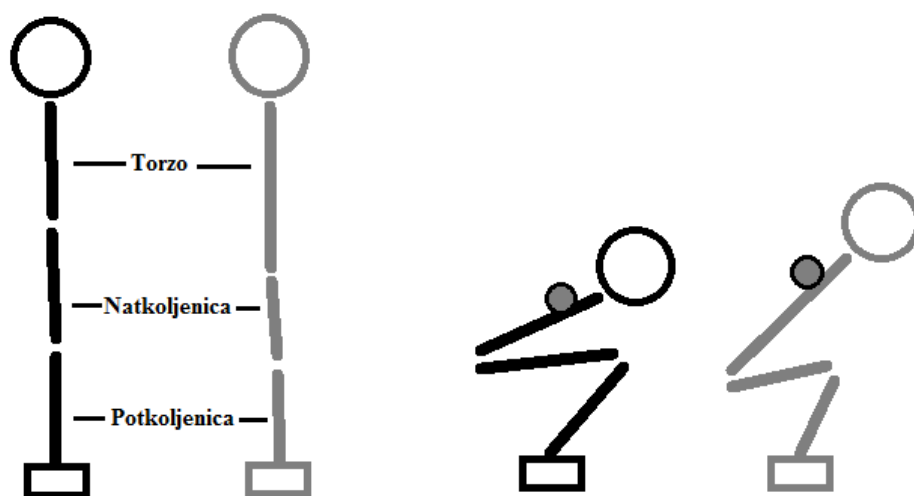
Kada se šipka i središte stopala nalaze u vertikali, jedini momenti koji se javljaju su moment oko zgloba kuka i koljenog zgloba. Pri pravilnom izvođenju mišićne skupine oko tih zglobova preuzimaju cijeli iznos opterećenja, a što je šipka bliže koljenom zglobu, to je moment koljenog zgloba manji, a moment oko zgloba kuka veći. Obrnuto, većom udaljenosti šipke i koljena moment oko koljena se povećava, te druge mišićne skupine (primarno kvadriceps) preuzimaju većinu opterećenja. Na Slici 4.3 prikazan je jednostavan žičani model čovjeka u sagitalnoj ravnini pri izvođenju čučnja s različitim kutom između potkoljenice i podloge te leđa i podloge. Moment koji se javlja u kukovima, odnosno u koljenu ovisi o kraku sile koji je simbolično prikazan na navedenoj slici.



Slika 4.3. Razlika momenata ovisno o krakovima sile



Iako će vježbač pravilno izvesti čučanj, njegovo koljeno ne mora biti u ravnini s vrhom stopala, kao što je to prethodno navedeno. Do takvih situacija dolazi zbog raznih antropometrijskih dimenzija dijelova tijela. Primjerice, kod čovjeka koji ima nešto duži torzo a kraću potkoljenicu i natkoljenicu, koljeno će se nalaziti iza vrha stopala, kao što to prikazuje Slika 4.4.

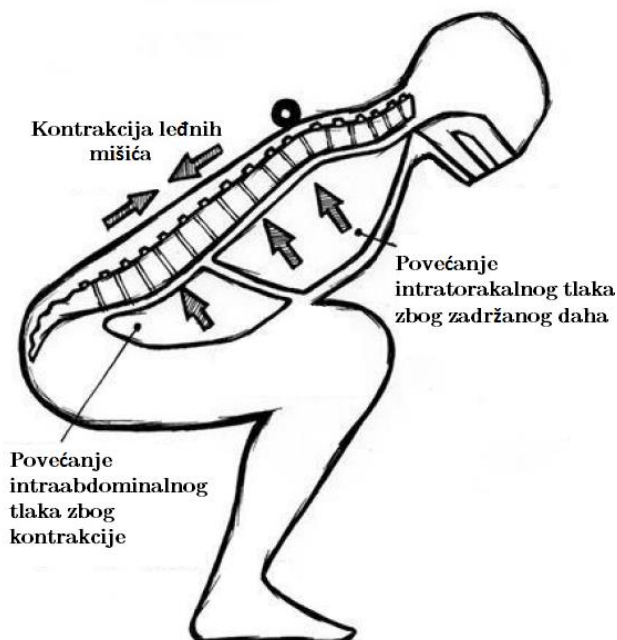


**Slika 4.4. Antropometrijske razlike kod čučnja**

Prijenos sile pri čučnju odvija se preko velikog broja mišićnih skupina. Kao što je prethodno utvrđeno, snaga za čučanj proizlazi iz kukova i nogu te se prenosi kroz „kruti“ torzo do tereta koji se nalazi na gornjem dijelu leđa. Korišten je termin „kruti“ torzo zbog toga što je potrebno stisnuti mišiće abdomena i donjeg dijela leđa da bi oni poslužili kao kruti cilindar koji služi kao potpora kralježnici. Pritom se u tim mišićima događa izometrička kontrakcija – u njima nema pokreta, što je i cilj. Mišići gornjeg dijela leđa, mišići rebara, ruku i ramena su također u izometričkoj kontrakciji, te zajedno s abdomenom i donjim dijelom leđa tvore sustav koji služi kao stabilni prijenosnik za „stroj“ pogonjen nogama i kukovima. [12]

Da bi se pružila odgovarajuća potpora kralježnici, uz aktivnu kontrakciju mišića trbušnog zida i mišića donjeg dijela leđa potrebno je udisati zrak tijekom silazne faze čučnja sve dok se ne dođe do donjeg položaja. Zatim se tijekom uzlazne faze dah drži, te se zrak iz pluća izdahne tek kada dođemo do krajnjeg gornjeg položaja. Time se dodatno postiže sigurnost kralježnice, budući da se držanjem daha povećava intratorakalni pritisak koji pruža dodatnu anteriornu

stabilizirajuću silu. [12] Slika 4.5 prikazuje sile koje pružaju potporu kralježnici te time umanjuju vjerojatnost od nastajanja ozljede.



Slika 4.5. Stabilizacija kralježnice prilikom čučnja [12]

Čovjek pri obavljanju čučnja obavlja određen rad, te mu je za taj pothvat potrebna energija. Zna se da je pri podizanju, odnosno spuštanju tereta najučinkovitija putanja navedenog tereta vertikalni pravac, te svaki pomak tereta u horizontalnoj ravnini ne pridonosi podizanju ili spuštanju tereta. Iako je to lako imati na umu pri projektiranju nekih pomičnih dijelova strojeva ili transportnih uređaja, kod ljudi se javljaju određeni problemi. Ljudsko tijelo je kompleksan sustav s mnogo međusobno povezanih dijelova – najpovoljniji smjer opterećenja ligamenata pri nekoj radnji može biti sasvim drugačiji od optimalnog smjera opterećenja mišića, kosti i drugih struktura.

Zanimljivo je promatrati putanju šipke u sagitalnoj ravnini, budući da se u toj ravnini dobiva najviše korisnih informacija. Šipka pri izvođenju čučnja putuje po blago zakrivljenoj krivulji u ekscentričnoj i koncentričnoj fazi vježbe. Vrlo je teško postići mehanički gledano optimalnu vertikalnu liniju gibanja, te navedena krivulja može odudarati od ponavljanja do ponavljanja, pogotovo kod početnika koji tek usvajaju tehniku vježbe. Slika 4.6 prikazuje putanju šipke pri silaznoj fazi čučnja, a Slika 4.7 pri uzlaznoj fazi. Vidi se da su krivulje gotovo identične.



Slika 4.6. Putanja šipke pri silaznoj fazi čučnja



Slika 4.7. Putanja šipke pri uzlaznoj fazi čučnja

## 4.2. Mrtvo dizanje

Mrtvo dizanje je jedna od vježbi koju se mnogi, a pogotovo početnici, boje izvoditi, pa je zato ne uključuju u svoj trening. Istina je da je mrtvo dizanje kompleksna vježba koja nosi ozbiljne posljedice ukoliko se ne pazi na formu, no ona uključuje više zglobova, a time i više mišićnih skupina, velikim dijelom pridonosi snazi donjeg dijela leđa, pa samim time pridonosi pravilnijoj posturi i prevenciji ozljeda.

Mrtvo dizanje zahtjeva savladavanje opterećenja iz „mrtvog“, statičkog položaja, te je jedna od onih vježbi čije korištenje pomaže u svakodnevnom životu – podizanje i prenošenje tereta bilo na poslu, bilo kod kuće postaje lakše kada se taj pokret redovito izvodi prilikom vježbanja.

Slika 4.8 prikazuje izvođenje mrtvog dizanja sa šipkom.

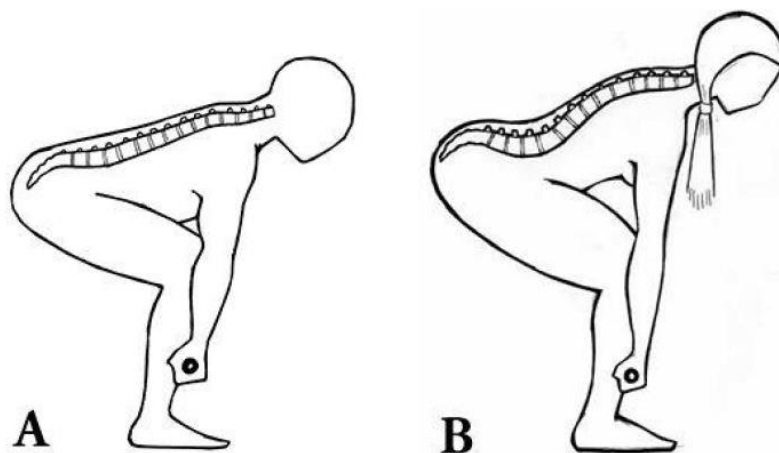


Slika 4.8. Mrtvo dizanje

Mrtvo dizanje se izvodi tako da vježbač smjesti šipku s utezima na pod, te poravna stopala na način da šipka gotovo dodiruje goljenicu. Pete nogu se nalaze na razmaku od otprilike 20 do 30 cm te se stopalo blago rotira tako da prsti gledaju prema van. Antropometrije ponovno igraju ulogu, pa će tako viši ljudi sa širim kukovima morati zauzeti nešto širi stav nogu. Leđa se zaključaju tako da budu ravna (s prirodnom lordozom i kifozaom). Česta greška je ta da vježbač dovodi lumbalni dio kralježnice u stanje hiperekstenzije, te time lordotička krivulja

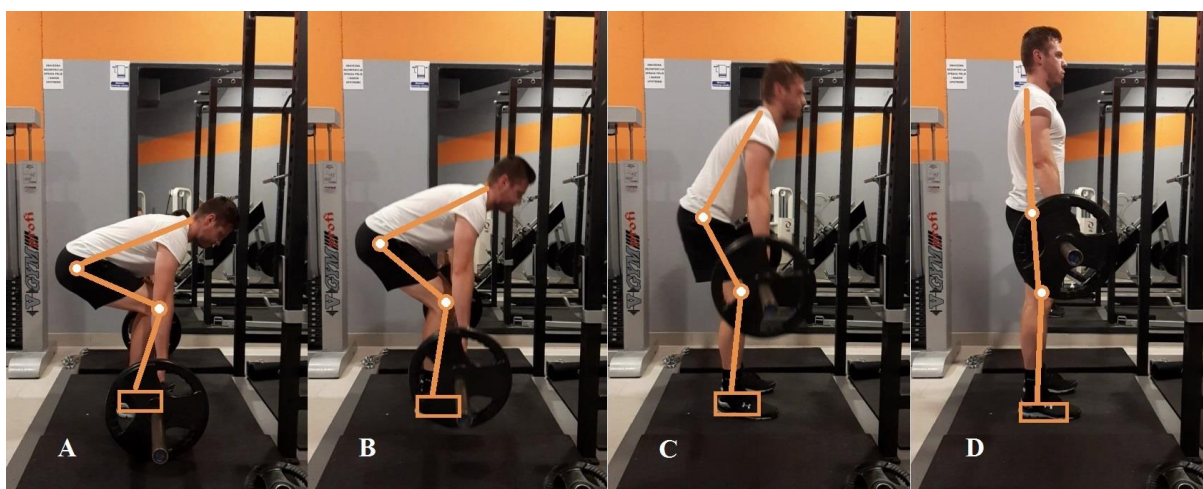


poprima neprirodan oblik. Mršaviji ljudi i žene su tipična skupina ljudi sklona toj pogrešci, budući da oni obično imaju veću fleksibilnost, a pravilna i nepravilna krivulja kralježnice može se vidjeti na Slici 4.9. [12]



**Slika 4.9. A - Pravilna krivulja kralježnice  
B – Hiperekstenzija lumbalne kralježnice, nepravilan položaj [12]**

Ruke moraju biti ravne, te su dlanovi smješteni na udaljenosti koja je nešto veća od širine ramena. Ako laktovi ostanu pod kutem, a samim time i ruke ne ostanu ravne, prilikom podizanja tereta s poda može doći do ozbiljnih ozljeda, budući da će laktove izravnati velik iznos sile tereta koji se podiže. Abdomen cijelo vrijeme mora biti čvrst te ponovno, kao i kod čučnja, zajedno s donjim dijelom leđa poslužiti kao kruti cilindar za stabilizaciju kralježnice i prijenos sile. Pravilan redoslijed izvođenja mrtvog dizanja prikazuje Slika 4.10.

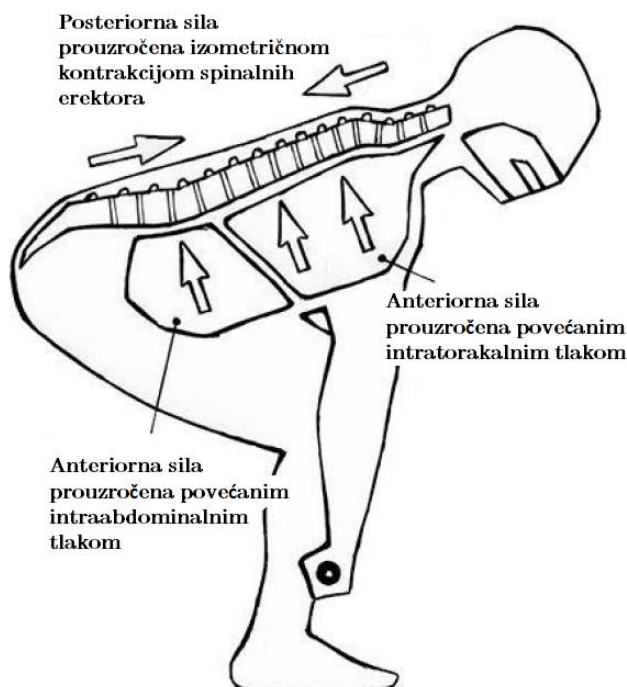


**Slika 4.10. Redoslijed radnji pri mrtvom dizanju**

Na prethodnoj slici stanje A označava početnu poziciju. Na početku podizanja koljena se otvaraju te se kut koljena povećava (kut između potkoljenice i natkoljenice). U sljedećoj fazi kut zgloba kuka se povećava te je konačnim poravnanjem zgloba kuka i koljena u sagitalnoj ravnini uzlazna faza mrtvog dizanja gotova. Ponovno, neki vježbači će naglasiti završnu fazu dizanja te dovesti lumbalnu kralježnicu u stanje pretjerane ekstenzije. Taj pokret je nepotreban te neravnomjerno opterećuje lumbalne kralješke, pa može doći do ozljede.

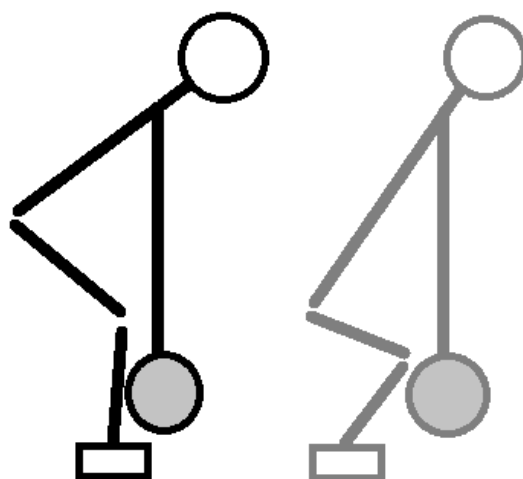
Mrtvo dizanje počinje s koncentričnom kontrakcijom, te završava s ekscentričnom. Primarni pogon za savladavanje opterećenja su kukovi i koljena, čijom se ekstenzijom generira snaga potrebna za podizanje utega. Sila se prenosi preko krutog cilindra koji služi kao poluga, a čine ga leđa i trbuh. Opterećenje dalje preuzimaju lopatice i ruke, a upravo ruke s čvrstim stiskom služe kao konop koji drži šipku.

Aktivnom izometričnom kontrakcijom leđnih mišića i mišića abdomena, te dubokim udahom i držanjem daha prilikom uzlazne faze mrtvog dizanja postiže se prethodno spomenuti kruti cilindar koji služi kao štitič za kralježnicu. Slika 4.11 prikazuje anteriorne i posteriorne sile koji čuvaju kralježnicu od potencijalnih ozljeda. [12]



**Slika 4.11. Stabilizacija kralježnice povećanim intraabdominalnim i intratorakalnim tlakom te posteriornom silom [12]**

Prilikom podizanja, zglob kuka predstavlja točku oslonca. Zadnja loža, gluteus i aduktori pružaju silu iza kukova, dok teret u ruci pruža silu ispred kukova. Da bi se podigao teret, sila koju generira posteriorni lanac mora biti tolikog iznosa da podigne teret koji se nalazi na većem kraku poluge. Za mrtvo dizanje idealno bi bilo da su kukovi sasvim blizu šipke kako bi se maksimalno smanjio krak sile, no zbog ljudske anatomije to nije moguće. Zbog prethodno navedene činjenice lako se shvaća da antropometrijske mjere vježbača ponovno imaju važnu ulogu. Osoba s nešto duljim torzom će imati vertikalnije položena leđa te spuštenije kukove, dok će kod osobe s dužim femurom kukovi biti viši, a kut između leđa i podloge horizontalniji. [12] [14] Slika 4.12 prikazuje čovjeka prosječnih antropomjera sa lijeve strane te čovjeka sa kraćom potkoljenicom i natkoljenicom, te dužim torzom. Vidljivo je da su kutovi između pojedinih segmenata vrlo različiti, što dovodi do različite razine aktivacije mišićnih skupina.



**Slika 4.12. Antropometrijske razlike pri mrtvom dizanju**

Kod mrtvog dizanja putanja šipke gotovo pa se poklapa s vertikalnim pravcem, no i dalje nije idealno vertikalna. Kao i kod čučnja, putanja šipke pri uzlaznoj i silaznoj fazi je vrlo slična. Slika 4.13 prikazuje putanju pri uzlaznoj fazi mrtvog dizanja, dok Slika 4.14 prikazuje putanju pri spuštanju tereta na podlogu. Mrtvo dizanje je, kao što je već spomenuto, izuzetno teška i zahtjevna vježba, pa je dobro što putanja šipke nema mnogo horizontalnih odstupanja.



Slika 4.13. Putanja šipke pri uzlaznoj fazi mrtvog dizanja

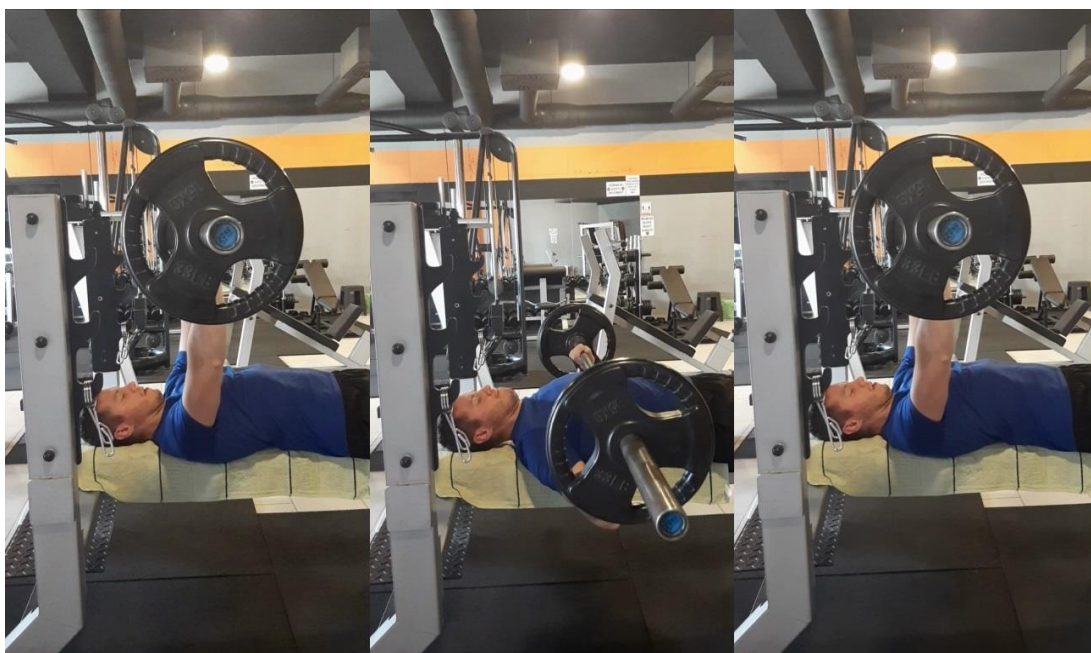


Slika 4.14. Putanja šipke pri silaznoj fazi mrtvog dizanja



### 4.3. Potisak s klupe (eng. bench press)

Potisak s klupe jedna je od glavnih vježbi koje testiraju snagu gornjeg dijela tijela. Od svih vježbi obrađenih u ovom radu, ova vježba je najopasnija zbog položaja šipke s utezima direktno iznad glave i vrata vježbača. Ako se izgubi pravilan zahvat šipke iz bilo kojeg razloga, posljedice mogu biti pogubne. Slika 4.15 prikazuje tri glavne faze pri izvođenju potiska s klupe.

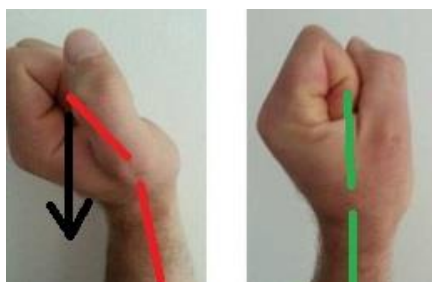


Slika 4.15. Potisak s klupe

Potisak s klupe aktivno uključuje mišiće anteriornog pojasa ramena, triceps, prsa, mišiće podlaktice, pa čak i gornji dio leđa. Prsa i prednji deltoid primarni su pokretači šipke, dok zahvaljujući tricepsu lakat postiže ekstenziju do krajnjeg položaja. [12]

Vježba počinje tako da vježbač legne na klupu i pritom čvrsto stopalima zahvati pod. Iako je moguće izvođenje ove vježbe s nogama u zraku, njihovim kontaktom s podlogom se prenosi horizontalna sila koja pomaže stabilizaciji leđa, uz stabilizaciju donjeg dijela tijela. Gornji dio leđa je potrebno čvrsto osloniti - lopatice se aduktiraju i time pružaju stabilan oslonac za izvođenje vježbe. Donji dio leđa se dodatno zakrivljuje zbog aduktiranja lopatica. Posteriorni mišići nalaze se u stanju izometrične kontrakcije. Razmak ruku trebao bi biti takav da je podlaktica okomita na šipku, a zahvat dlanova je neutralan.

Česta greška je korištenje nepravilnog zahvata. Ako se koristi zahvat na lijevoj strani Slike 4.16 u zapešću se javlja nepotreban moment, te je potreban dodatan trud da se ovakav zahvat zadrži. Neutralan zahvat pruža optimalan prijenos sile kroz dlanove bez nepotrebnog opterećenja zapešća, time sprječavajući ozljede.



**Slika 4.16. a) nepravilan      b) pravilan zahvat**

Greška je i primjena zahvata bez korištenja palca (Slika 4.17) – sila u podlaktici je manja, pa je samim time i prijenos sile loš. Uz to, veća je opasnost od ispadanja šipke iz ruku.

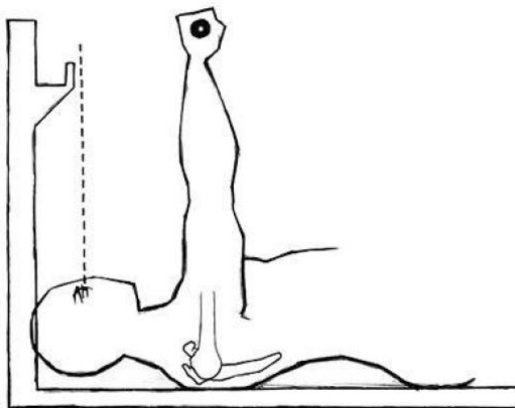


**Slika 4.17. Zahvat bez palca**

Najveći opseg pokreta sa šipkom je moguć kada se podlaktice nalaze u vertikalnom položaju, a samim time najveća je aktivacija svih mišićnih skupina uključenih u vježbu. Kada bi se koristio razmak ruku širi od navedenog, djelovanje tricepsa bilo bi umanjeno, te bi se zapešće našlo u nespretnom položaju. [12]

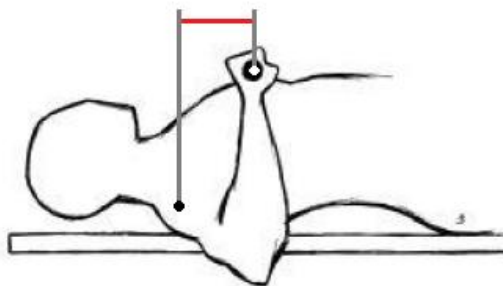
Nakon što se šipka ukloni s držača potrebno je poravnati šipku s ramenim zglobom, tako da ih spaja vertikalna linija. To označava početni položaj u kojemu ne postoji nikakav moment.

Na Slici 4.18 vidljivo je da od držača šipke do početnog položaja postoji određeni put, te se pri uklanjanju šipke s držača javlja manji moment na rameni zglob.



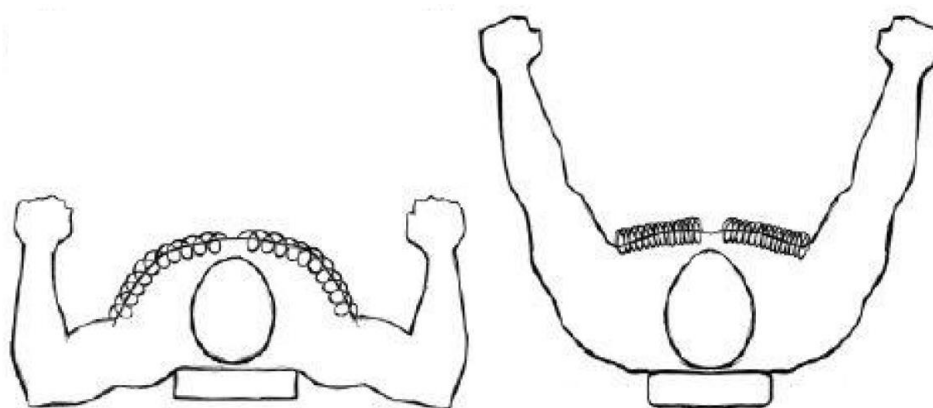
**Slika 4.18. Početni položaj potiska s klupe – nema momenta [12]**

Šipku je potrebno spustiti na donji dio prsa, budući da bi vertikalno spuštanje (i dizanje) dovelo do ozljede ramena. Kada se želi podići šipka s prsa, javlja se moment u ramenu koji je potrebno savladati te ga nije moguće izbjeći u pravilnom izvođenju ove vježbe. (Slika 4.19)



**Slika 4.19. Donji položaj - javlja se moment [12]**

Zbog viskoelastičnog ponašanja mišića oni imaju mogućnost pohranjivanja energije te se ponekad ponašaju kao opruge. Prilikom pravilnog izvođenja potiska s klupe između faze spuštanja i podizanja osjetit će se upravo to svojstvo mišića – elastična energija rastegnutih mišića pomoći će pri dizanju utega. Da bi se postigao taj učinak nije potrebno da uteg odskoči od prsa, pa čak niti da ih dodirne. [12] Slika 4.20 simbolično prikazuje prethodno opisano ponašanje mišića kod potiska s klupe.



**Slika 4.20. Opružni karakter mišića pomaže pri podizanju utega kod potiska s klupe [12]**

Kao i kod mrtvog dizanja i čučnja, pravilno disanje i držanje daha je ključno da bi se maksimalno iskoristio stroj kakav je ljudski organizam. Osim što se pravilnim disanjem omogućuje duže izdržavanje napora, a zadržavanjem daha podrška koštanim strukturama, kod potiska s klupe se zbog povećanog volumena pluća smanjuje put koji šipka mora prevaliti od donjeg do gornjeg položaja. Uz to se postiže veća stabilnost te bolji kut aktivacije mišićnih vlakana. [12]

Antropometrije kod potiska s klupe nisu od tako velikog značaja kao kod prethodne dvije vježbe, budući da su ovdje u pokretu jedino ruke. Kod čovjeka s dužom nadlakticom će, teoretski, biti potrebno savladati veći moment da se podigne šipka. Ako vježbač ima općenito duže ruke, možda neće moći šipkom doći sasvim blizu prsa bez da dovede u opasnost od ozljede ostale dijelove tijela uključene u vježbi. No, istraživanja [15] su pokazala da ljudi s dužim rukama postižu veću razinu aktivacije mišićnih vlakana.

Za optimalnu mišićnu aktivaciju i postizanje maksimalne razine snage putanja šipke bi trebala slijediti krivulju prikazanu na Slikama 4.21 i 4.22. Vidi se da kod potiska s klupe šipka putuje po liniji koja je blago zakrivljena u dijelu vježbe kada je šipka bliže tijelu, te je uspravnija u gornjem dijelu vježbe. Često ljudi misle da je šipku moguće podići na bilo koji način, te pri tome putanja šipke najčešće poprma nepravilnu krivulju ili šipka putuje po potpuno ravnoj liniji, što je očigledno pogrešno.



Slika 4.21. Putanja šipke pri silaznoj fazi potiska s klupe



Slika 4.22. Putanja šipke pri uzlaznoj fazi potiska s klupe



#### 4.4. Stojeći potisak

Stojeći potisak je vježba kojom se razvija snaga primarno gornjeg dijela tijela, pri čemu su ramena najviše pogođena. Vrlo je korisno raditi potisak, budući da je taj pokret često prisutan i u svakodnevnom životu, na radnom mjestu (podizanje tereta) i slično.

Za razliku od prethodno obrađenog potiska s klupe, kod kojeg pokret započinje iz gornjeg položaja, stojeći potisak započinje sa šipkom u donjem položaju. Kod potiska s klupe spuštanjem šipke prema dolje mišići prolaze kroz ekscentričnu kontrakciju, te zbog toga mišići imaju lagani opružni karakter koji olakšava podizanje šipke prema gore. Kod stajaćeg potiska to nije slučaj, iako je moguće početak vježbe smatrati gornji položaj nakon što se šipka podigne u zrak. U tom slučaju se i ovdje javlja mala opružna pomoć mišića. [12]

Vježba započinje tako da se šipka dovede iznad sredine prsa sa vertikalno postavljenim podlakticama. Leđa su blago savinuta zbog potrebne putanje šipke. Pri podizanju šipke prema gore, potrebno je gornji dio tijela nagnuti prema naprijed te ispraviti kralježnicu tako da šipka skoro pa dodirne glavu. Pri spuštanju šipke, prethodno opisani pokret se ponavlja u obrnutom smjeru sve dok šipka, rame i središte stopala ne budu u vertikali. Pravilan (i nepravilan) zahvat šipke identičan je kao i kod potiska s klupe (vidjeti Sliku 4.16 i Sliku 4.17).

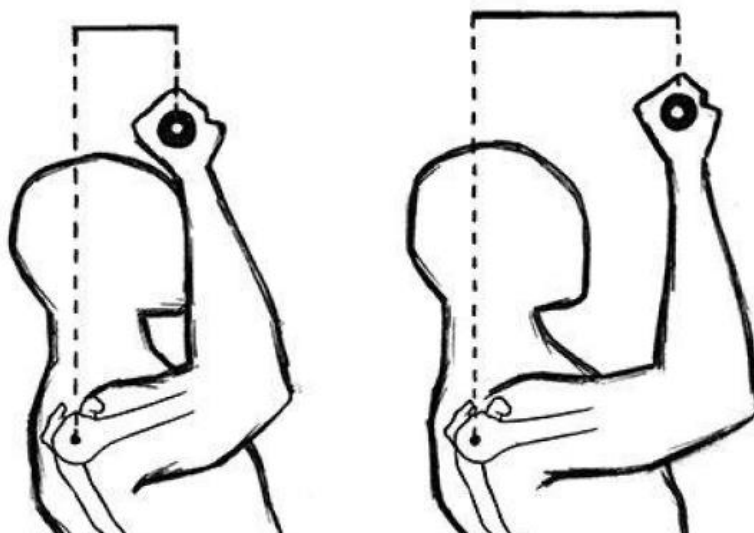
Slika 4.23 prikazuje stojeći rameni potisak sa šipkom.



Slika 4.23. Stojeći potisak

Na prethodnoj slici vidi se da bi šipka uvijek trebala biti u liniji sa središtem stopala, te je gornji dio tijela taj koji vrši rotaciju prema naprijed da bi se takvo podudaranje šipke i stopala omogućilo.

Kod donjeg položaja šipke javlja se moment na rameni zglob koji je potrebno savladati. Kada se ne bi zauzeo pravilan početni položaj, tj. kada se leđa ne bi blago savinula prema natrag, došlo bi do nepotrebnog povećanja momenta zbog toga što šipka ne bi imala kuda ići nego naprijed, time povećavajući krak sile. Na Slici 4.24 prikazano je povećanje momenta zbog nepravilnog izvođenja vježbe.



**Slika 4.24.** Nepotrebno povećanje kraka sile udaljavanjem šipke od ramenog zgloba [12]

Ruke i ramena su primarni proizvođači snage potrebne za podizanje šipke, no noge su te koje reagiraju s podlogom. Zbog toga se u izometričkoj kontrakciji nalaze mišići abdomena i cijela leđa, kao i ruke i ramena pri držanju šipke u gornjem, odnosno donjem položaju. Također je uključen i segment stabilizacije, budući da je šipku potrebno držati u što mirnijem položaju.

Vjerojatnost da se proizvede snaga dovoljna za podizanje šipke smanjena je ako se koristi nepravilan zahvat, odnosno kod korištenja preširokog zahvata. U tom slučaju, podlaktice nisu vertikalne, te se zbog toga javlja nepoželjni moment u laktu i ramenu. Time se snaga troši na moment koji se lako eliminira primjenom pravilne tehnike. Slika 4.25 prikazuje navedeni nepravilan položaj ruku i širinu zahvata.



**Slika 4.25. Preširok zahvat dovodi do stvaranja nepotrebnih momenata**

Iako je velik broj mišića uključen pri potisku, manje je potencijalnih grešaka koje se mogu dogoditi, budući da je aktivno uključen manji broj zglobova nego što je to slučaj kod npr. mrtvog dizanja. Greške nastaju zbog korištenja prevelikog opterećenja, nepravilnog zahvata i krive putanje šipke.

Disanje je i ovdje od velike važnosti. Pravilno držanje daha u uzlaznoj putanji šipke smanjuje vjerojatnost od padanja u nesvijest koja je ionako prisutna zbog pritiska koji šipka vrši na vrat i karotidne arterije. Svakim novim ponavljanjem vježbe potrebno je uzeti dah zbog opskrbljivanja mozga kisikom. [12]

Budući da se šipka na početku vježbe nalazi ispred glave vježbača, a u gornjem položaju iznad ramena, ne očekuje se „optimalna“ vertikalna putanja šipke. Slike 4.26 i 4.27 potvrđuju tu pretpostavku. Šipka putuje po zakrivljenoj krivulji, kako u uzlaznoj, tako u silaznoj fazi stojećeg potiska, te razlika između izgleda tih krivulja gotovo pa ne postoji. Kada bi se šipka gibala po vertikalnoj liniji, u gornjem položaju javljao bi se nepotreban moment koji potencijalno može dovesti do ozljede ramenog zgloba.





Slika 4.26. Putanja šipke pri uzlaznoj fazi stojećeg potiska



Slika 4.27. Putanja šipke pri silaznoj fazi stojećeg potiska

#### 4.5. Veslanje u pretklonu

Veslanje u pretklonu je vježba koja primarno pogađa posteriornu muskulaturu oko kralježnice te pridonosi ravnoteži tijela. Iako postoji više od jednog načina izvođenja ove vježbe, obrađen će biti onaj način koji je najbolji za početnike. Slika 4.28 prikazuje veslanje sa šipkom u pretklonu.



Slika 4.28. Veslanje u pretklonu

Prije nego što je moguće izvoditi veslanje u pretklonu, šipku je potrebno podići u početnu poziciju. To se postiže mrtvim dizanjem šipke, te kada se ona nalazi u gornjem položaju, potrebno je leđa držati ravnima, savinuti koljena i naguti se tako da leđa s podlogom tvore kut od otprilike  $45^\circ$  (moguće su varijacije kuta). Ruke su potpuno ispružene, a udaljenost između dlanova je nešto veća od širine ramena. Ovo označava početnu poziciju veslanja u pretklonu. U slučaju da je kut između leđa i podloge  $45^\circ$ , šipka se podiže prema gore tako da gotovo dodiruje natkoljenice, te se primakne mišićima abdomena. U gornjem položaju potrebno je pokušati spojiti lopatice leđnim mišićima. Spuštanje se vrši istom putanjom podizanja. U slučaju horizontalnijeg položaja leđa, putanja šipke je nešto vertikalnija.

Primarni mišić pogođen ovom vježbom je latissimus dorsi, no uz njegovu kontrakciju aktivno se stimuliraju i mišići gornjeg dijela leđa, posteriorni deltooid te biceps. U izometričkoj kontrakciji nalaze se svi oni mišići koji se brinu za to da tijelo ostane u pravilnom položaju, a

to su primarno mišići natkoljenice, donjeg dijela leđa te abdominalni mišićni pojas. Kao i prošle vježbe, veslanje u pretklonu pridonosi pravilnoj posturi tijela te općenitom biomehaničkom skladu. [16]

Najčešća greška rađena pri veslanju šipkom u pretklonu je ta da se leđa opuste pri donjem dijelu pokreta te nastaje iskrivljenje kralježnice. Iako je u redu spustiti se nešto niže od početnog donjeg položaja (da bi se postigao opružni efekt i time olakšalo podizanje), leđa pri tom moraju ostati ravna. Također, nekontrolirano podizanje i spuštanje utega te korištenje momenta proizvedenog pretjeranim spuštanjem u donji položaj i naglim potezanjem prema gornjeg položaju nosi više štete nego koristi. Manje učestala, no i dalje prisutna greška je dopuštanje laktovima da se odmaknu od leđa – potrebno je laktove što više primaknuti leđima.

Izvođenje ove vježbe može biti otežano, pa čak i bolno za ljude sa slabijim donjim dijelom leđa, budući da šipka svojom težinom želi preokrenuti tijelo prema naprijed oko točke oslonca (stopalo), a upravo se donji dio leđa najvećim dijelom protivi tom momentu izometričkom kontrakcijom.

Pokreti pri izvođenju veslanja u pretklonu i momenti koji se javljaju nisu pod znatnim utjecajem antropomjera. Šipka će kod vježbača s duljim rukama morati prevaliti nešto veći put nego kod vježbača s kraćim rukama, no moment koji se javlja neće biti ovisan o udaljenosti od zgloba kuka, jer će ona biti otprilike identična.

Šipka putuje po kosoj liniji u koncentričnoj i ekscentričnoj fazi vježbe. Velikih razlika između izgleda tih krivulja gotovo da nema, a male razlike su vidljive od ponavljanja do ponavljanja. Kao i kod prethodnih vježbi, os šipke trebala bi ostati usporedna s osi dobivenom presjekom horizontalne i frontalne ravnine. Ne postigne li se taj uvjet, šipka neravnomjerno opterećuje muskulaturu te je prisutan gubitak stabilnosti. Slika 4.29 prikazuje putanju šipke kada se ona podiže, dok Slika 4.30 prikazuje putanju pri spuštanju šipke.



Slika 4.29. Putanja šipke pri uzlaznoj fazi veslanja u pretklonu



Slika 4.30. Putanja šipke pri silaznoj fazi veslanja u pretklonu

## 5. Značajke uspješne i djelotvorne primjene

Prema prethodno pokazanim biomehaničkim analizama određenih pokreta pri vježbanju, zaključuje se da pravilno izvođenje vježbi nije tako lako kao što se može činiti. Naravno, uz vježbača bi trebala biti kvalificirana i educirana osoba koja bi na licu mjesta ispravila njegove greške. S druge strane, kao i sa svim proizvodima namijenjenima za ljudsku upotrebu, potrebno je omogućiti što lakše korištenje proizvoda uz minimalne šanse za nepravilno korištenje, ozljeđivanje, oštećivanje proizvoda i slično. Izvođenje određenih vježbi zahtjevno je samo po sebi, a kada se u toj jednadžbi pojavi i dodatno vanjsko opterećenje zahtjevi za sigurnost su od presudne važnosti.

Kada se gleda sustav vježbača i šipke s opterećenjem, najvažnije je pravilno opteretiti ljudsko tijelo, tj. opteretiti željenu muskulaturu uz istovremeno rasterećenje zglobova. Na taj su način pozitivne strane vježbe maksimalno iskorištene, dok su nepotrebna opterećenja na zglobovima minimalna.

Da bi raspodjela opterećenja bila pravilna, uteg se u sagitalnoj ravnini mora pomicati po određenoj krivulji koja je drugačija za svaku vježbu, te ako putanja šipke drastično odudara od dokazano ispravne putanje, dolazi do potencijalnog nastanka ozljede, primarno ozljede zglobnih struktura. Dok je kod mrtvog dizanja optimalna putanja šipke vertikalna, kod stojećeg potiska i potiska s klupe potpuno vertikalna putanja šipke bi značajno opteretila rameni zglob te eventualno dovela do neizbježne ozljede.

Već je prije puta spomenuta prednost slobodnih utega ispred raznih sprava i naprava u pogledu cjelokupne mišićne aktivacije, pozitivne stimulacije živčanog sustava te postizanja koordinacije cijelog tijela. Razne sprave i pomagala žrtvuju prethodno navedene pogodnosti u svrhu izoliranja rada željenog mišića, no mnogo važnije od toga, pravilnom izvedbom povećavaju sigurnost korisnika te su u prednosti pred slobodnim utezima kada se čovjek mora oporaviti od neke ozljede, operacije ili rupture, budući da se osnaživanjem zdrave strane tijela odgađa atrofija ozljeđene muskulature.

Iako su naprave koje izoliraju mišiće odlične pri rehabilitaciji, još su bolje one naprave koje ravnomjerno osnažuju muskulaturu tako da do ozljede niti ne dođe. Vrlo je teško postići razne putanje opterećenja na jednoj spravi za vježbanje, te se najčešće na jednoj spravi može obavljati samo jedna predviđena vježba s fiksnom putanjom opterećenja. Isto tako, sprave moraju omogućiti vježbanje pojedincima različitih antropomjera. To je donekle postignuto



jednostavnim mehanizmima regulacije, no oni najčešće nemaju potpuni sustav podešavanja između početnog i krajnjeg položaja nekog dijela, već između tih položaja postoji nekoliko predodređenih pozicija koje ne moraju idealno odgovarati svakom pojedincu. Idealna naprava za vježbanje trebala bi omogućavati postizanje proizvoljne putanje opterećenja u sagitalnoj ravnini, uz potpomaganje vježbaču pri stabiliziranju opterećenja tako da se osoba koja tek usvaja pokrete pojedine vježbe može potpuno usredotočiti na postizanje pravilne aktivacije određenih dijelova miškulature te eliminirati ozljedu kao potencijalni član u jednadžbi.

Gotovo svi uvjeti uspješne i djelotvorne primjene vježbanja slobodnim utezima zadovoljeni su ako je zadovoljena pravilna putanja šipke s obzirom na pokret koji se izvodi, pa bi oprema kojom bi se početnicima pripomoglo pravilno izvođenje vježbi na prvom mjestu trebala omogućiti nesmetano gibanje šipke u sagitalnoj ravnini.

Dakle, ograničenja i zahtjevi koji trebaju biti ispunjeni za poboljšanje primjene vježbanja slobodnim utezima su sljedeći:

- Omogućiti gibanje šipke u sagitalnoj ravnini po proizvoljnoj putanji
- Omogućiti izvođenje potpunog opsega pokreta određene vježbe
- Pripomoći vježbaču pri stabiliziranju šipke
- Onemogućiti zakretanje šipke u frontalnoj ravnini
- Pružiti sigurnosni mehanizam u slučaju nemogućnosti obavljanja pokreta
- Osigurati nesmetano i fluidno izvođenje pokreta i vježbi.

Kod vježbanja sa slobodnim utezima jedini način za usvajanje pravilnih pokreta je izvođenje vježbe uz nadzor educirane osobe koja može ukazati na neku nepravilnost koju sam vježbač ne mora uočiti. Nakon što vježbač postane svjestan svoje greške, samo on može upravljanjem vlastitog tijela izvesti pravilan pokret. Jedan od načina poboljšanja vježbanja slobodnim utezima bio bi koncept vježbanja sa slobodnim utezima u kontroliranoj okolini s prethodno navedenim karakteristikama. Pogledom na sve zahtjeve, ograničenja i željene karakteristike, dolazi se do naprave koja već postoji – Smith mašina.

## 6. Smith mašina

Smith mašina je naprava za vježbanje koja koristi šipku s utezima kao glavno opterećenje. Cijeli sustav sastoji se od nekoliko dijelova, a to su: šipka fiksirana sa sustavom čeličnih vodilica, granični osigurači pri dnu vodilica, „kuke“ na koje se oslanja šipka te vanjski okvir. Kao što je to stvar sa svim proizvodima današnjice, Smith mašine se mogu naći u raznim izvedbama, ovisno o proizvođaču. Ipak, glavna podjela je na Smith mašinu s vertikalnom putanjom opterećenja, Smith mašinu s kosom putanjom te tzv. „3D“ Smith mašinu koja dopušta gibanje u dvije ravnine. Općenito, podizanje iste težine na Smith mašini i podizanje slobodnim utezima nije isto, budući da je potrebno manje snage za stabiliziranje utega. Kod nekih izvedbi Smith mašine težina šipke može biti manja nego što se to čini zbog protutege prisutnog u sustavu. [16]

### 6.1. Smith mašina s vertikalnom putanjom

Izvedba Smith mašine s vertikalnom putanjom opterećenja je najčešća, najrasprostranjenija, te je prva asocijacija kada se spomene Smith mašina. Slika 6.1 prikazuje jednu takvu izvedbu.



Slika 6.1. Smith mašina s vertikalnom putanjom

Kod ovakve izvedbe, gibanje šipke ograničeno je na potpuno vertikalnu putanju. Vrlo je malen broj vježbi s utezima kod kojih se šipka giba po idealno vertikalnoj liniji, te prethodnih 5 vježbi nije preporučljivo raditi na ovakvoj izvedbi Smith mašine. Promatranjem putanja moglo bi se zaključiti da bi ova naprava bila pogodna za mrtvo dizanje, no ponovno, ni kod mrtvog dizanja putanja nije ravna linija. Izvođenje potiska s klupe, stojećeg ramenog potiska te veslanja u pretklonu na Smith mašini s vertikalnom vodilicom dovelo bi do nepravilnog opterećenja muskulature, odnosno značajno bi opteretilo zglobove zbog neprirodnog položaja u kojem bi se oni našli. Klasičan čučanj također ne bi bilo preporučljivo raditi na ovakvoj napravi zbog rizika od ozljede koljena ili donjeg dijela leđa, no postoji posebna izvedba čučnja kojom se postiže veća aktivacija mišića kvadricepsa. Kod ove izvedbe čučnja noge se nalaze ispred šipke na Smith mašini, te se cijelim tijelom vježbač oslanja na šipku koja ga drži u ravnoteži. Faktor stabilizacije je gotovo pa potpuno eliminiran iz vježbe zbog oslanjanja na šipku. Slika 6.2 prikazuje opisanu izvedbu čučnja na Smith mašini.



**Slika 6.2. Posebna izvedba čučnja na Smith mašini**

Eliminacija faktora stabilizacije u nekim je pogledima dobra, dok u drugima nije. Kada se promatra vježbač kako izvodi čučanj bez ikakvog opterećenja u nekim slučajevima se može uočiti kako se pri donjem dijelu pokreta prsti ili peta stopala odvajaju od podloge. To je ukazatelj na nesklad muskulature, budući da vježbač ne može stabilno održavati svoje težište tako da se ono nalazi iznad sredine stopala. Preveliko naginjanje naprijed, odnosno natrag



rezultira prethodno spomenutim odvajanjem stopala od podloge, čime se mijenja površina oslanjanja. U donjem dijelu čučnja težište se nalazi izvan tijela, u točki između natkoljenica i torza. Kada bi se takvom vježbaču reklo da izvodi čučanj sa šipkom, vjerojatno bi došlo do „prevrtanja sustava“. Kada se šipka nalazi na leđima vježbača, vježbač i šipka se promatraju kao jedan sustav, pa stoga imaju samo jedno težište. Težište ljudskog tijela u donjem položaju smo već utvrdili, a težište šipke prolazi kroz njenu os te se, logično, nalazi u sredini. Što je veća masa šipke, odnosno opterećenja, to će težište cijelog sustava više ovisiti o masi šipke, a manje o masi vježbača. Pri većim masama šipke težištem sustava se smatra težište šipke, dakle zanemaruju se masa i težište vježbača. Zaključuje se da nepravilnim izvođenjem čučnja sa šipkom vrlo lako može doći do gubitka stabilnosti i ozljeđivanja, ukoliko se šipka ne nalazi u liniji sa središtem površine oslanjanja, odnosno sredinom stopala. Lateralna stabilnost je također problematična, pogotovo ako se šipka nepravilno pozicionira na leđa vježbača. S druge strane, pri izvođenju čučnja na Smith mašini nije potrebno paziti na to da težište u svakom trenutku bude između prednjeg i stražnjeg dijela stopala, budući da Smith mašina onemogućava gubitak stabilnosti. Kada se pogleda donja slika, vidi se da bi se vježbač, da se ne oslanja na šipku na Smith mašini, prevrnuo zbog toga što mu se težište nalazi iza površine oslanjanja. Oslanjanjem na šipku Smith mašine stvara se velika površina oslanjanja koja se prostire od stopala pa sve do projekcije šipke na horizontalnu podlogu. To omogućava vježbaču da nesmetano izvodi pokrete znajući da neće doći do gubitka stabilnosti.

Slika 6.3 na sljedećoj stranici prikazuje težište kod čučnja bez utega, čučnja sa šipkom te čučnja na Smith mašini. Kao što je već rečeno, kod čučnja sa šipkom potrebno je izvoditi pokret tako da se pri svakoj fazi čučnja resultantno težište nalazi iznad površine oslanjanja. Na desnoj strani slike prikazan je čučanj na Smith mašini kod kojeg se može vidjeti da se težište tijela nalazi iza stopala vježbača, no budući da se vježbač oslanja na konstrukciju sprave, odnosno na šipku, ona onemogućuje gubitak stabilnosti. Stoga se vježbač može potpuno koncentrirati na pravilno izvođenje vježbe.



**Slika 6.3. a) slobodan čučanj    b) čučanj sa šipkom    c) čučanj na Smith mašini**

Zbog potpuno vertikalne putanje opterećenja koja je pravilno primjenjena u malom broju vježbi, pokušalo se osmisliti neko drugo rješenje. To je rezultiralo konstrukcijom Smith mašine s vodilicama po kojima se opterećenje giba po kosoj liniji.

## 6.2. Smith mašina s kosom putanjom

Izvedba jedne Smith mašine s kosom putanjom može se vidjeti na Slici 6.4.



**Slika 6.4. Smith mašina s kosom putanjom**

Od prethodno analiziranih 5 vježbi, ovakva izvedba Smith mašine pogodna bi bila samo za jednu vježbu, a to je potisak s klupe. Ako bi se šipka namjestila tako da se u donjem položaju nalazi na donjem dijelu prsa, te u gornjem položaju tako da se nalazi iznad ramena, dobila bi se zadovoljavajuća putanja utega. Ponovno, stabilizacija utega je eliminirana, što je negativna strana ove izvedbe. Također, vrlo je velika vjerojatnost da će vježbač podići veću težinu na ovoj spravi nego kada radi sa slobodnim utegom. Jedan od razloga je taj što ne mora razmišljati o stabilizaciji utega u prostoru te se dio horizontalne sile iskorištava za pomicanje utega prema gore zbog kosih vodilica. Na kosoj izvedbi Smith mašine moguće je pravilno raditi i čučanj spomenut u Poglavlju 6.1. Mrtvo dizanje bi bilo loše zbog pretežno vertikalne putanje šipke pri izvođenju. Stojeći rameni potisak bi bilo teško raditi zbog nedovoljne visine

ovakvih sprava, kao i zbog činjenice da bi se uteg u donjem položaju trebao nalaziti daleko od tijela da bi se uteg u gornjem položaju nalazio vertikalno iznad ramena. Veslanje u pretklonu bi se dalo izvesti relativno pravilno, a presudni faktor bi bio nagib vodilica.

Za razliku od vertikalne izvedbe kod koje je svejedno na koju stranu sprave će se vježbač smjestiti, kod kose izvedbe je pozicija vježbača od velike važnosti. Dakle, kod ove izvedbe veće su šanse za nepravilnim izvođenjem vježbi od strane početnika i rekreativaca.

Također, kod ovakve kose izvedbe veća je vjerojatnost da će sigurnosna kuka zapeti za sigurnosne zupce pri pomicanju šipke. Kod vertikalne izvedbe putanja šipke neće biti ugrožena ako je sigurnosna kuka pozicionirana vertikalno prema gore, dok je kod kose izvedbe kuku potrebno dovesti u položaj u kojem je ona usporedna s kosinom vodilica. Navedeno se može vidjeti na Slici 6.5. Na lijevoj strani slike prikazan je potreban položaj za nesmetano putovanje šipke, dok je s desne strane prikazan položaj pri kojem dolazi do zapinjanja šipke pri pomicanju.



**Slika 6.5. a) pravilna pozicija kuke**

**b) nepravilna pozicija kuke**

### 6.3. 3D Smith mašina

Izvedba Smith mašine koja uz potpuno vertikalnu vodilicu sadrži i horizontalnu vodilicu najčešće se naziva 3D Smith mašinom zbog mogućnosti potpunog kretanja šipke unutar okvira ovakve sprave. Klasična izvedba 3D Smith mašine može se vidjeti na Slici 6.6.



Slika 6.6. 3D Smith mašina

Uvođenjem dvostrukih vodilica dobiven je kontrolirani sustav u kojem se vježbač ne mora brinuti o gubitku stabilnosti zbog balansiranja utega. Ipak, sustav vodilica nije idealno krut pa je potrebna mala razina stabilizacije šipke, budući da je moguće zakretanje šipke u horizontalnoj ravnini. Na Slici 6.7 početak i kraj lijeve i desne horizontalne vodilice se ne poklapaju, odnosno lijeva vodilica ne dodiruje kraj okvira dok desna dodiruje, što je dokaz navedenog zakreta u horizontalnoj ravnini.





**Slika 6.7. Razlog mogućeg zakretanja šipke u horizontalnoj ravnini**

Slika 6.8 prikazuje sustav vodilica. Šipka je povezana s vertikalnom vodicom koja je dalje povezana s horizontalnom vodicom, što omogućava potpuno pomicanje u prostoru. Na slici se također može vidjeti jedna potencijalno negativna strana koja se javlja i kod prijašnjih izvedbi Smith mašina, a to je razmak između podloge i šipke u donjem položaju. Donji dio okvira sprave diktira minimalnu visinu na kojoj se šipka može nalaziti, što može biti nezgodno kod izvođenja određenih vježbi za ljude određenih antropomjera, primjerice kod izvođenja mrtvog dizanja.



**Slika 6.8. Sustav vodilica 3D Smith mašine**

Šipka Smith mašine ne mora imati sigurnosne kuke koje su bile prisutne kod prijašnjih izvedbi, kao što se može vidjeti na Slici 6.9. U ovom slučaju, odlaganje šipke na sigurnosne zupce je otežano, budući da nije moguće jednostavnom fleksijom podlaktice odložiti šipku, nego je istu potrebno odložiti na zupce sprave, kao što se to radi sa slobodnim utegom. No, iako je sigurnost ovakvog rješenja nešto manja, otklonjen je problem koji se javlja kod izvedbi sa sigurnosnim kukama, a problem je taj što je potrebno podlakticu i zapešće dovesti u stanje fleksije ili ekstenzije čak i prije nego što počne vježba, te podići šipku sa zubaca i zarotirati ju kako sigurnosna kuka ne bi zapinjala za zupce. Slično je objašnjeno na Slici 6.5.



**Slika 6.9. Šipka Smith mašine bez sigurnosne kuke**

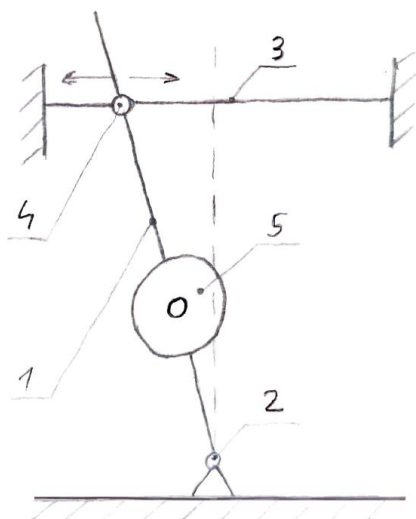
Budući da 3D smith mašina omogućuje sve moguće putanje šipke u prostoru, moguće je raditi svih 5 prethodno spomenutih vježbi. Kod stojećeg ramenog potiska se ponovno javlja problem visine sprave, dok kod mrtvog dizanja udaljenost šipke od poda u krajnjem donjem položaju može biti neodgovarajuća za neke vježbače. Veslanje u pretklonu, čučanj te potisak na klupi ne nailaze na veće prepreke, osim one očite na koju nailaze svi pokreti izvođeni na ovakvim spravama, a to je nedovoljna razina aktivacije stabilizirajućih mišića. Primjerice, kod izvođenja potiska s klupe na Smith mašini, rotatorna manžeta ramena ne dobiva dovoljno pažnje. Ako bi vježbač duže vrijeme radio potisak s klupe na Smith mašini, te nakon toga prešao na izvođenje slobodnim utegom, imao bi ozbiljne probleme kod stabilizacije utega, budući da je taj faktor prije bio nebitan, a kod slobodnih utega je od presudne važnosti. [16]

## 7. Moguća poboljšanja opreme

Kao što se može zaključiti iz prethodnih razmatranja, Smith mašina ima nekoliko mana koje ju limitiraju, pa zbog toga malen broj osobnih trenera preporuča izvođenje složenih pokreta vježbanja na njoj. Ipak, ova sprava ima prostora za poboljšanje i samim time širu primjenu u terapijskim i rekreacijskim centrima. Nema potrebe za konstrukcijom potpuno nove sprave, već je potrebno prepoznati negativne strane početne ideje te pokušati eliminirati neodgovarajuće segmente.

Dio kojem je potrebno posvetiti najviše pažnje je onaj koji se tiče putanje šipke u prostoru. 3D Smith mašina je jedina izvedba Smith mašine koja pruža vježbaču da postigne proizvoljnu i nesmetanu putanju šipke, no ona ne nudi dosta stabilnosti za početnike te je prilikom njenog korištenja ipak potrebna određena razina vještine i znanja izvođenja pokreta. Stoga bi bilo poželjno osmisliti rješenje koje bi pružalo veću razinu sigurnosti od 3D Smith mašine, a da omogućava proizvoljnu putanju šipke u sagitalnoj ravnini.

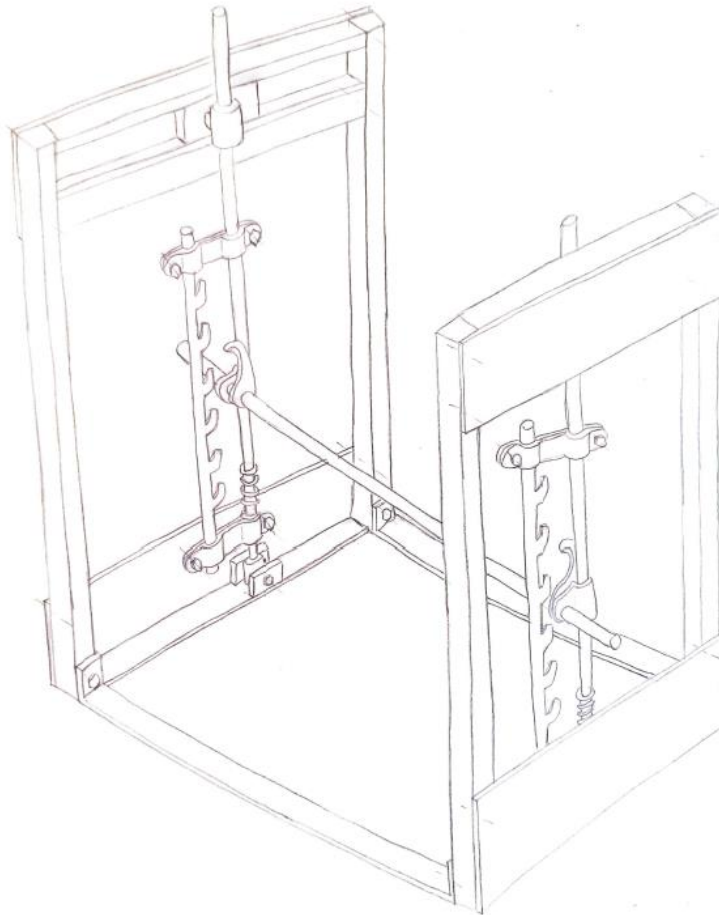
Slika 7.1 prikazuje skicu na kojoj je jednostavno prikazan princip rada mehanizma. Skica se odnosi na sagitalnu ravninu u kojoj se događa glavno gibanje mehanizma. Osovina (1) povezana je s podlogom preko jednostavnog zglobnog mehanizma (2). Na gornjem dijelu osovinu i vodilicu (3) spaja zglob (4) koji dopušta gibanje po vodilici lijevo – desno uz istovremeno dopuštanje osovini da se pomiče gore – dolje. Šipka s utezima (5) bila bi s osovinom spojena na isti način kao kod klasične Smith mašine, odnosno šipka bi preko klizača bila povezana s osovinom.



Slika 7.1. Mehanizam prijedloga poboljšanja



Slika 7.2 prikazuje koncept nove izvedbe s njenim osnovnim elementima.



**Slika 7.2. Koncept rješenja**

U dodatku na prethodnu skicu mehanizma, ovdje su prikazani i neki ostali bitni dijelovi sustava, kao što su osovina sa sigurnosnim kukama, distantni elementi te opruge. Osovina sa sigurnosnim kukama je povezana s glavnom osovinom preko distantnog elementa, tako da vježbač ima mogućnost u bilo kojem trenutku okretom ruke odložiti šipku na kuke. Šipka za vježbanje, kao i kod klasične Smith mašine, na sebi ima kuku sa svake strane iz sigurnosnih razloga. Ako bi bilo potrebno ispustiti uteg, opružni element služi za apsorpciju udarca. Pozicija opruge na glavnoj osovini dala bi se regulirati, a na slici je prikazana opruga u krajnjem donjem položaju. Druga varijanta apsorpcije udarca bila bi ta da se s bočnih vanjskih strana okvira nalazi gumena podloga koja svojom deformacijom apsorbira udarac. U tom slučaju potrebno je odrediti materijal i visinu gumenepodloge, te uz to, unutar okvira

potrebno je staviti neku vrstu podloge tako da se normalno mogu izvoditi sva podizanja šipke s poda, npr. kod mrtvog dizanja. Na gornjem dijelu konstrukcije osovina i klizač su povezani preko posebnog elementa koji dopušta pomicanje klizaču uz istovremeno gibanje elementa po osovini. Potreban put klizača, odnosno dimenziju dubine konstrukcije treba odrediti na temelju opsega pokreta vježbi koje se planiraju izvoditi. Također, klizni mehanizam se mora nalaziti na dovoljnoj visini gledano od podloge, tako da se potpuno podignuta šipka s opterećenjem nalazi za određenu udaljenost ispod kliznog mehanizma. Kad taj uvjet ne bi bio ispunjen, vježbač većih antropomjera ne bi mogao nesmetano izvoditi određene vježbe, primjerice stojeći rameni potisak.

## 8. Zaključak

Vježbanje slobodnim utezima je superioran način vježbanja ako se želi postići maksimalna mišićna aktivacija te dovođenje tjelesne muskulature u biomehanički sklad. Slobodnim utezima se mogu raditi svi pokreti koje dopušta ljudsko tijelo. Stoga je vrlo važno pravilno izvođenje vježbi sa slobodnim utezima, jer u protivnom može doći do ozbiljnih ozljeda, od kojih su najčešće ozljede zglobova. Za početak, rad obrađuje neke osnovne termine korištene kod vježbanja i izvođenja pokreta s vlastitim tijelom općenito. Nakon toga je bitno ukazati da prednosti i nedostatke vježbanja slobodnim utezima kako bi ih uvijek imali na umu prilikom kasnijih analiza i razmatranja. Za provođenje biomehaničke analize odabrane su sljedeće vježbe: čučanj, mrtvo dizanje, potisak s klupe, stojeći rameni potisak te veslanje. Odabrane su upravo te vježbe jer se one smatraju temeljnim vježbama koje uključuju veći broj mišićnih skupina istovremeno, te se njihovim izvođenjem pogađaju sve bitne mišićne skupine, a samim time se i tijelo dovodi u biomehanički sklad. Analizom su se pokušali obuhvatiti svi bitni aspekti biomehanike i njoj bliskih grana. Kao podloga za to poslužila je stručna literatura, no i educirano osoblje u posjećenim teretanama i rekreacijskim centrima. Dani su savjeti kako pravilno izvesti određenu vježbu, na što posebno treba paziti te kako maksimizirati mišićnu aktivaciju uz minimalan rizik od ozljeđivanja. Promatranjem sustava vježbača i opterećenja kao mehaničkog sustava poluga uočeno je kako postići putanju šipke u prostoru kojom se ne narušavaju osjetljive zglobne strukture, već se opterećenje prenosi na mišiće. U praktičnom dijelu rada snimljeno je izvođenje vježbi u sagitalnoj ravnini. Odabrana je upravo ta ravnina zbog toga što se najviše korisnim informacija o putanji šipke dobiva iz sagitalne ravnine. Softverskim programom *Kinovea* dobivena je putanja šipke pri uzlaznoj, odnosno silaznoj fazi svake vježbe te je ista prikazana slikama. Iako je gravitacijski gledano optimalna putanja podizanja opterećenja vertikalno prema gore, kod ljudskog tijela to nije slučaj. Potpuno vertikalnu putanju šipke je teško postići, a uz to ona može oštetiti zglobove i prouzročiti nepotrebno velike momente u njima. Na temelju teorijski razrađene analize i praktičnog dijela rada izvedene su neke značajke uspješne i djelotvorne primjene vježbanja slobodnim utezima. Presudni faktor opasnosti pri korištenju slobodnih utega je stabilizacija opterećenja. Zaključuje se kako bi idealno okruženje za početnike i rekreativce koji još usvajaju pokrete bilo ono u kojem bi oni mogli rekreirati proizvoljnu putanju šipke gledano u sagitalnoj ravnini uz stabilizaciju utega. Uz taj glavni zahtjev, navedeno je još par značajki i ograničenja opreme za

vježbanje kojima bi se vježbanje približilo početnicima. Pregledom tržišta uočena je sprava koja jednim dijelom ispunjava te zahtjeve. Kod klasične Smith mašine problem je njena vertikalna vodilica koja dopušta isključivo potpuno vertikalno kretanje šipke, dok kod 3D izvedbe Smith mašine u jednadžbu ponovno ulazi potrebno iskustvo vježbača i njegova vještina. Navedene su i ostale značajke Smith mašine, te su one pozitivne poslužile kao ideja za novu izvedbu. Na kraju, dano je jednostavno konceptualno rješenje poboljšanja Smith mašine koje bi pružalo kontrolirano i nesmetano izvođenje svih željenih vježbi.

## Literatura

- [1.] *The causes of injuries sustained at fitness facilities presenting to Victorian emergency departments – identifying the main culprits*,  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5005555/> (pristupljeno 7.4.2020.)
- [2.] Vladimir M. Zatsiorsky, *Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention*, Hoboken, New Jersey, SAD, 2000.
- [3.] *Tri ravnine ljudskog tijela*, <https://www.crossfitboxv.com/treneri-pisu/25/tri-ravnine-ljudskog-tijela> (pristupljeno 7.4.2020.)
- [4.] Roger Barlett, *Introduction to Sports Biomechanics*, Abingdon, 1996.
- [5.] *Anatomski termini pokreta*,  
[https://bs.wikipedia.org/wiki/Anatomski\\_termini\\_pokreta#Pronacija\\_i\\_supinacija](https://bs.wikipedia.org/wiki/Anatomski_termini_pokreta#Pronacija_i_supinacija)  
(pristupljeno 7.4.2020.)
- [6.] *Supination*, <http://www.gustrength.com/glossary:supination> (pristupljeno 10.4.2020.)
- [7.] *Mišićna kontrakcija*,  
[https://bs.wikipedia.org/wiki/Mi%C5%A1i%C4%87na\\_kontrakcija#Koncentri%C4%8Dna\\_kontrakcija](https://bs.wikipedia.org/wiki/Mi%C5%A1i%C4%87na_kontrakcija#Koncentri%C4%8Dna_kontrakcija) (pristupljeno 10.4.2020.)
- [8.] *Understanding the Mechanics*, <http://coachrozy.com/friday/add-this-for-faster-40s-higher-jumps/> (pristupljeno 10.4.2020.)
- [9.] *Dumbbells vs Barbells for Fat Loss*, <https://online.hybridfitnessgym.com/strength-training/dumbbells-vs-barbells-for-fat-loss/> (pristupljeno 12.4.2020.)
- [10.] *8 Benefits of Doing Free Weights Exercises*,  
<https://www.shape.com/fitness/tips/benefits-of-free-weights-vs-machine> (pristupljeno 12.4.2020.)
- [11.] *Advantages and Disadvantages of Training With Free Weights*,  
<https://ezinearticles.com/?Advantages-and-Disadvantages-of-Training-With-Free-Weights&id=4551528> (pristupljeno 12.4.2020.)
- [12.] Mark Rippetoe, *Starting Strength – Basic Barbell Training, 3rd Edition*, Wichita Falls, Texas, 2011.
- [13.] *Čučanj – kralj svih vježbi*, <https://www.fitness.com.hr/vjezbe/vjezbe/Cucanj.aspx>  
(pristupljeno 15.6.2020.)

- 
- [14.] Mark Rippetoe, *A new, Rather Long Analysis of the Deadlift*, The Crossfit Journal Articles 1-5, 2006.
- [15.] Caruso, John F., Taylor, Skyler T. and others, *Anthropometry as a Predictor of Bench Press Performance Done at Different Loads*, Journal of Strength and Conditioning Research 26(9): 2460-2467, 2012.
- [16.] *Dvoručno veslanje u pretklonu*, <http://fitness-step.hr/teretana-novosti/step/dvorucno-veslanje-u-pretklonu/> (pristupljeno 22.6.2020.)
- [17.] *Is the Weight Lifted on a Smith Machine Same As Free Weights?*, <https://www.livestrong.com/article/405328-is-the-weight-lifted-on-a-smith-machine-the-same-as-free-weights/> (pristupljeno 29.7.2020.)