

# Analiza sprave za vježbanje nožne ekstenzije

---

**Petrac, Mario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*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:235:240957>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-18**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Mario Petrac**

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

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

Student:

Mario Petrac

Zagreb, 2021.

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 svim ispitanicima koji su mi pomogli kod praktičnog dijela rada.

Mario Petrac



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: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 21 -	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student:

Mario Petrac

Mat. br.: 0035208760

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku:

**Analiza sprave za vježbanje nožne ekstenzije**

Naslov rada na  
engleskom jeziku:

**Analysis of the leg extension machine**

Opis zadatka:

Manjak fizičkih aktivnosti uzrokovan urbanim stilom življenja mnoge navodi na izbor fitness centara kao mjesta za vježbu s ciljem prevencije ozljeda, regulaciju tjelesne mase i općenito unaprjeđenja zdravlja. Unatoč navedenih dobrobiti, vježbanje nažalost donosi i niz 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. Također, znanje i vještina vježbanja, potrebnih i odgovarajućih prilagodbi sprava za vježbanje, kao i pravilno primjenjivanje programa vježbanja nisu uvijek dostatno ostvareni, što može dovesti do raznih neželjenih posljedica. Konkretno, svaka sprava u fitness centru zahtijeva specifične prilagodbe pojedincu, koji često iz raznih razloga spravu koristi neprikladno. Takav je slučaj i sa spravom za vježbanje nožne ekstenzije, koja je predmet analize u ovom radu. Cilj rada je provesti ergonomijsku analizu pokreta pri vježbanju na spravi za nožnu ekstenziju s namjerom utvrđivanja preporuka i uvjeta primjene koji bi prvenstveno značajno smanjili opasnosti od ozljeda, te omogućili unaprjeđenje učinkovitosti vježbanja.

U radu je potrebno:

- Prikazati konstrukciju sprava za vježbanje nožne ekstenzije, s osvrtom na uočene karakteristike, prednosti, nedostatke i ograničenja;
- Provesti ergonomijsku analizu vježbanja na spravi za nožnu ekstenziju;
- Provedenom analizom utvrditi sve zahtjeve, ograničenja i željene značajke sigurne, uspješne i djelotvorne primjene sprave za vježbanje nožne ekstenzije;
- Predložiti vodilje za moguća poboljšanja postojeće ili oblikovanje novog konstrukcijskog rješenja sprave za vježbanje nožne ekstenzije koje bi omogućilo kontrolirano terapijsko, rekreativno i sportsko vježbanje.

Opseg ergonomijske analize i prikaza utvrđenih rezultata dogovoriti tijekom izrade rada. Svu dokumentaciju, odnosno tekst rada izraditi pomoću računala. U radu navesti korištenu literaturu, kao i eventualnu pomoć.

Zadatak zadan:

30. studenoga 2020.

Datum predaje rada:

**1. rok:** 18. veljače 2021.  
**2. rok (izvanredni):** 5. srpnja 2021.  
**3. rok:** 23. rujna 2021.

Predviđeni datumi obrane:

**1. rok:** 22.2. – 26.2.2021.  
**2. rok (izvanredni):** 9.7.2021.  
**3. rok:** 27.9. – 1.10.2021.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Aleksandar Sušić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

## SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Ergonomija [1] .....	2
2.1. Fizikalna ergonomija [1] .....	3
2.2. Oblikovanje radnih mjesta [1].....	5
2.2.1. Sjedeći radni položaj [1] .....	6
3. Načini vježbanja u teretani .....	8
3.1. Podjela sprava za vježbanje.....	9
4. Nožna ekstenzija .....	14
4.1. Primjena kod sportaša .....	15
4.2. Izvedba vježbe.....	15
4.2.1. Nepravilna izvedba vježbe [8].....	16
4.3. Tipovi nožne ekstenzije.....	17
4.3.1. Nožna ekstenzija opteretljiva utezima.....	18
4.3.2. Nožna ekstenzija opteretljiva preko zatika.....	19
5. Ergonomijska analiza Life Fitness Insignia nožne ekstenzije.....	20
5.1. Tehničke specifikacije.....	20
5.2. Podešavanje sprave .....	21
5.3. Analiza korištenja sprave .....	26
5.3.1. Vježbač 1 .....	26
5.3.2. Vježbač 2.....	27
5.3.3. Vježbač 3.....	28
5.3.4. Vježbač 4.....	29
5.3.5. Vježbač 5.....	30
5.3.6. Vježbač 6.....	32

---

5.4. Analiza potreba korisnika.....	32
6. Moguća poboljšanja nožne ekstenzije.....	37
7. Zaključak.....	43
Literatura .....	45

**POPIS SLIKA**

Slika 1. Prikaz područja djelovanja ergonomije [1].....	2
Slika 2. Ozljede prema vrsti oštećenja [1].....	4
Slika 3. Prikaz čimbenika oblikovanja radnih mjesta [1].....	5
Slika 4. Utjecaj zdjelice na položaj lumbalne kralješnice [1] .....	7
Slika 5. Prikaz položaja kralješnice pri pravilnom (b, e) i nepravilnom (a, c, d) sjedenju [1].....	7
Slika 6. Slobodni utezi [3].....	8
Slika 7. Sprave za vježbanje [4].....	9
Slika 8. Sprava za potisak prsima [5].....	10
Slika 9. Fly mašina [5] .....	10
Slika 10. Lat mašina [5] .....	11
Slika 11. Sprava za veslanje [5] .....	11
Slika 12. Leg press mašina [5] .....	11
Slika 13. Nožna ekstenzija [5].....	12
Slika 14. Nožna fleksija [5].....	12
Slika 15. Smith mašina [6] .....	12
Slika 16. Sprava za podizanje listovima [7].....	13
Slika 17. Mišići kvadricepsa [9].....	14
Slika 18. Početak kontrakcije i završetak relaksacije [10].....	16
Slika 19. Završetak kontrakcije i početak relaksacije [10].....	16
Slika 20. Nožna ekstenzija opteretljiva utezima [11].....	17
Slika 21. Nožna ekstenzija opteretljiva preko zatika [12].....	18
Slika 22. Life Fitness Insignia nožna ekstenzija .....	21
Slika 23. Podesivost naslona .....	22
Slika 24. Podesivost valjka.....	23
Slika 25. Podesivost poluge .....	23
Slika 26. Podesivost mase .....	24
Slika 27. Veza užeta i osovine .....	25
Slika 28. Vježbač 1.....	26
Slika 29. Donji granični položaj vježbača 2.....	27
Slika 30. Gornji granični položaj vježbača 2 .....	27
Slika 31. Vježbač 3.....	28



---

Slika 32. Donji granični položaj vježbača 4.....	29
Slika 33. Gornji granični položaj vježbača 4 .....	30
Slika 34. Vježbač 5.....	31
Slika 35. Vježbač 6.....	32
Slika 36. V-gym nožna ekstenzija.....	38
Slika 37. Stabilizacijski pojas [14].....	39
Slika 38. Mikropuknuća užeta [15].....	40
Slika 39. Pravilan položaj leđa [16] .....	41
Slika 40. Ergonomski dizajn stolice [17] .....	42

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Tehničke specifikacije [13] .....	20
Tablica 2. Intervju vježbača 1 .....	33
Tablica 3. Intervju vježbača 2 .....	33
Tablica 4. Intervju vježbača 3 .....	34
Tablica 5. Intervju vježbača 4 .....	35
Tablica 6. Intervju vježbača 5 .....	35
Tablica 7. Intervju vježbača 6 .....	36

## SAŽETAK

Na današnjem tržištu postoji veliki broj sprava za vježbanje koje nisu u potpunosti ergonomski prilagođene vježbačima te predstavljaju potencijalnu opasnost za nastajanje ozljeda. Cilj ovog rada je utvrditi prednosti, ograničenja i nedostatke sprave za vježbanje nožne ekstenzije te ponuditi rješenja za bolju ergonomsku simbiozu vježbača i sprave. Proučavanjem nekoliko izvedbi sprave i detaljnijim intervjuima korisnika u obližnjoj teretani, doneseni su zaključci koji omogućuju ostvarivanje željenog cilja. Manjkavost sprave uočena je kod iskusnih i kod neiskusnih vježbača. Neiskusni vježbači nemaju dovoljno znanja da prilagode spravu svojoj antropometriji, a oni iskusni iako imaju dovoljno znanja, zbog ograničenosti sprave ne mogu u potpunosti postići pravilan ergonomski položaj. Na temelju uočenih nedostataka i ograničenja potrebno je omogućiti stabilniji položaj zdjelice i donjeg dijela leđa, spriječiti mogućnost postavljanja mehanizma poluge u nepovoljan položaj za koljeno, omogućiti bolju podesivost, povećati krutost mehanizma valjka, poboljšati kvalitetu užeta i rekonstruirati naslon. Stabilniji položaj zdjelice i donjeg dijela leđa postignut je stabilizacijskim pojasom sličnim kao kod sjedišta putničkih zrakoplova. Mehanizam poluge spriječen je od postavljanja u nepovoljan položaj za koljeno eliminacijom utora. Bolju podesivost moguće je postići povećanjem broja utora i smanjenjem njihovog međusobnog razmaka, ili konstruiranjem specijalnih fino podesivih rotacijskih i translacijskih mehanizama. Krutost mehanizma valjka moguće je povećati upotrebom materijala veće fleksijske krutosti ili povećanjem poprečnog presjeka mehanizma valjka. Upotrebom kvalitetnijeg užeta uklanja se problem labavljenja. Na posljetku, rekonstrukcijom naslona u obliku slova "S" postiže se veći potporanj kralježnici.

Ključne riječi: sprave za vježbanje, ergonomija, ozljede, nožna ekstenzija, antropometrija.

## **SUMMARY**

There are a large number of exercise machines on the market today that are not fully ergonomically adapted to exercisers and pose a potential risk of injury. The aim of this paper is to determine the advantages, limitations and disadvantages of the leg extension machine and to offer solutions for better ergonomic symbiosis of the exerciser and the machine. By studying several types of the leg extension machine and doing detailed interviews of users in a nearby gym, conclusions were made that enable the achievement of the desired goal. Deficiency of the device was noticed in experienced and inexperienced exercisers. Inexperienced exercisers do not have enough knowledge to adjust the device to their anthropometry, and experienced ones, although they have enough knowledge, due to the limitedness of the device cannot fully achieve the correct ergonomic position. Based on the observed shortcomings and limitations, it is necessary to enable a more stable position of the pelvis and lower back, prevent the possibility of placing the lever mechanism in an unfavorable position for the knee, allow better adjustment, increase the rigidity of the roller mechanism, improve rope quality and reconstruct the backrest. A more stable position of the pelvis and lower back is achieved by a stabilization belt similar to the one that is used in the seat of passenger aircraft. The lever mechanism is prevented from being placed in undesirable position for the knee by eliminating the groove. Better adjustability can be achieved by increasing the number of slots and reducing their spacing, or by constructing special finely adjustable rotary and translational mechanisms. The stiffness of the roller mechanism can be increased by using a material of higher flexural stiffness or by increasing the cross section of the roller mechanism. Using a better quality rope eliminates the problem of loosening. Finally, by reconstructing the backrest in the shape of the letter "S", greater support for the spine is achieved.

Key words: exercise machines, ergonomics, injury, leg extension machine, anthropometry.

## **1. Uvod**

Loša prehrana, manjak fizičke aktivnosti, te sve više zastupljen sjedilački način života potaknuli su mnoge ljude na bavljenje sportom. Mnogi su se odlučili baviti raznim timskim i individualnim sportovima, ali najveći broj se ipak odlučio za vježbanje u teretani. Razlog tog odabira je mobilnost u pogledu dolaska i odlaska s treninga. Užurban način života mnogima ne ostavlja mnogo slobodnog vremena pa je teretana idealan izbor za one kojima je bitno da sami mogu odlučivati o terminu vježbanja kako bi maksimalno iskoristili slobodno vrijeme koje im je na raspolaganju.

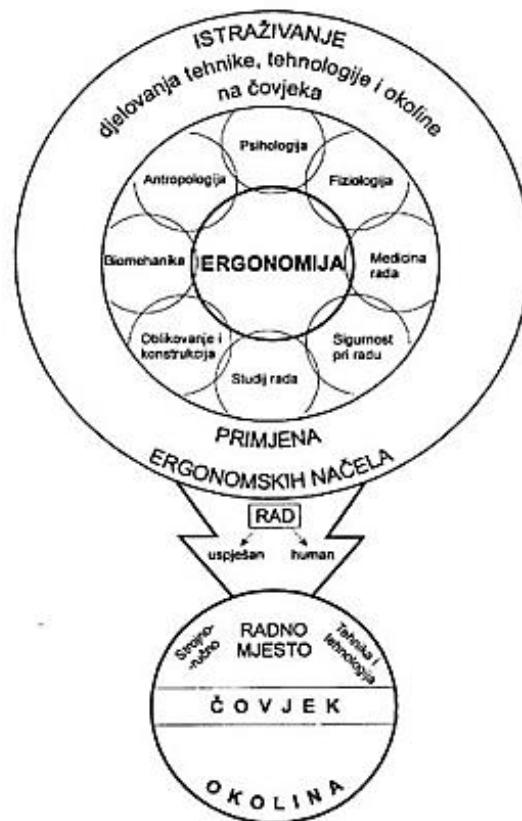
Vježbanje u teretani mnogi polaznici podcjenjuju u smislu da zapostavljaju potrebnu edukaciju prije korištenja opreme i sprava za vježbanje. Takav način ophođenja prema opremi i spravama nerijetko rezultira ozljedama kompletnog lokomotornog sustava.

Sprave za vježbanje konstruiraju inženjeri koji često surađuju za kineziolozima kako bi postigli zajednički cilj; napravili sigurnu i efikasnu spravu za vježbanje. Na tom putu nerijetko moraju donjeti određene kompromise, te je ne moguće zadovoljiti sve uvjete istovremeno. Zbog toga postoji prostor za napredak i modificiranje sprava prema novim saznanjima i idejama.

Cilj ovog rada je provesti ergonomsku analizu sprave za vježbanje nožne ekstenzije, te na temelju analize utvrditi ograničenja i dati preporuke za poboljšanja. Pri tome pažnja će se posvetiti krajnjim korisnicima kako bi se kroz njihova iskustva, znanje i potrebe utvrdile prednosti i nedostaci postojeće sprave. Važno je prvenstveno poznavati značajke pravilnog ergonomskog položaja kako bi se problematika mogla razumjeti, te je stoga prikazan sažet opis ergonomije kao znanosti u nastavku.

## 2. Ergonomija [1]

Ergonomija je znanstvena disciplina koja multidisciplinarnim i interdisciplinarnim pristupom proučava ljudske sposobnosti, ograničenja i ponašanje primjenjujući utvrđene informacije na oblikovanje sustava čovjek-stroj-okoliš. Cilj je da se rad humanizira radi povećanja produktivnosti, poboljšanja udobnosti čovjeka-radnika i povećanja korisnosti proizvoda. Ubrzani način života i vremensko ograničenje prisiljava čovjeka da se izlaže velikim fizičkim i psihičkim naporima koji prelaze granice tjelesne izdržljivosti što povećava rizik nastanka ozljeda. Stoga je zadatak ergonomije da se njenom primjenom smanje i spriječe ozljede, poboljšaju uvjeti rada te promiču zdravi stavovi društva prema životnom radnom okolišu. Različite discipline sadržane u ergonomiji prikazane su na slici 1.



Slika 1. Prikaz područja djelovanja ergonomije [1]

Antropometrija proučava (antropometrijske) tjelesne dimenzije čovjeka kako bi se omogućilo dobro oblikovanje odnosa sustava čovjek-stroj-okolina.

Fiziologija rada daje podatke o funkcioniranju ljudskog organizma pri radu.

Psihologija rada daje podatke o psihičkim zahtjevima rada te odnosu čovjeka prema radu.

Biomehanika se bavi rješavanjem zadataka vezanih za pokretljivost tijela u radnom sustavu.

Medicina rada ima zadaću uskladiti odnose između čovjeka i rada te preventivnim mjerama spriječiti narušavanje zdravlja.

Sigurnost na radu uključuje niz mjera u pružanju sigurnih radnih uvjeta, očuvanju privatnosti, dostojanstva i integriteta čovjeka na radu.

Studij rada obuhvaća područje vezano za studij i analizu vremena i pojednostavljenje rada s ciljem utvrđivanja potrebnog radnog vremena korištenjem optimalnih metoda rada, a u svrhu smanjenja zamora, povećanja sigurnosti, smanjenja troškova i povećanja produktivnosti.

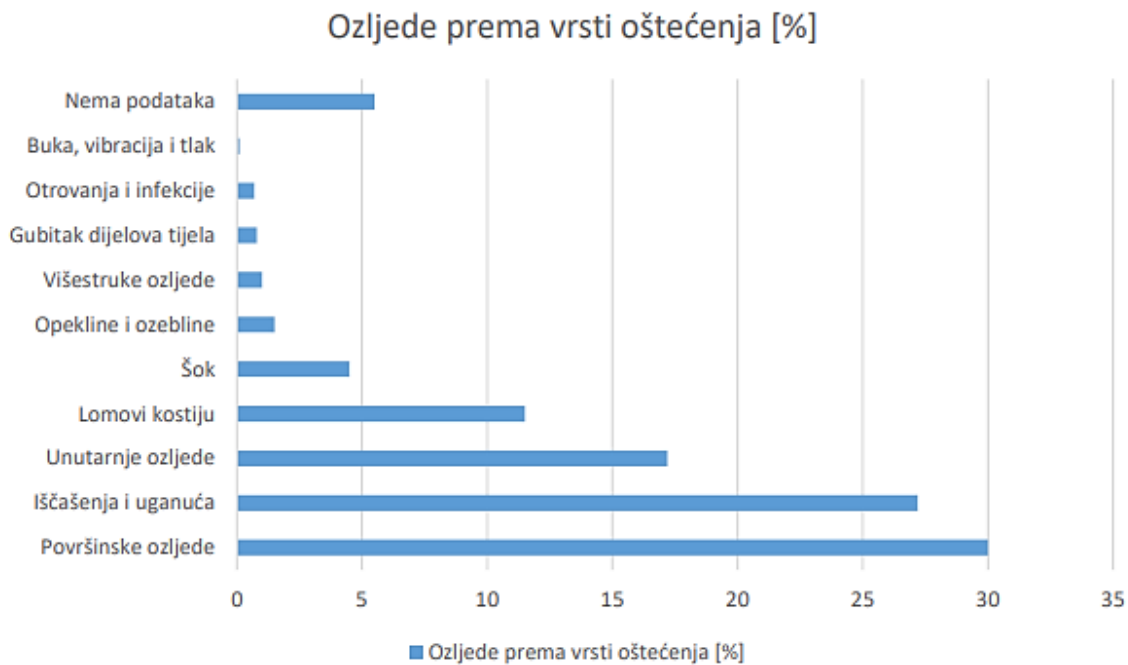
Oblikovanje i konstrukcija obuhvaća projektiranje radnog mjesta da bude funkcionalno, ekonomično i konstrukcijski podobno prilikom rada čovjeka.

Ekologija rada obuhvaća prilagođavanje radnih uvjeta (rasvjeta, mikroklimatski parametri, plin, para, zračenje) radniku.

## **2.1. Fizikalna ergonomija [1]**

Fizikalna ergonomija se bavi ljudskim anatomskim, fiziološkim i biomehaničkim karakteristikama te načinom kako one utječu na fizičku aktivnost. Ovdje se obrađuju teme poput položaj pri radu, rukovanja materijalom (teretom), ponavljajućih pokreta, utjecaja rada na poremećaje mišića i kostiju, organizacije radnog prostora, sigurnosti i zdravlja. U ovom segmentu ergonomija predstavlja znanost kojom se dizajnira način obavljanja rada, oprema i radni okoliš tako da odgovaraju radniku. Dobar ergonomski dizajn nužan je kako bi se spriječile ozljede od ponavljajućih kretnji i radnji koje s vremenom mogu dovesti do invaliditeta. Najčešći uzroci ozljeda su brzi i ponavljajući pokreti, neprirodni položaji, uporaba sile (podizanje i prebacivanje tereta, rukovanje težim objektima) i nedostatak odmora.

Glavni ciljevi fizikalne ergonomije su poboljšanje ugodnosti rada te smanjenje bolova i mišićno-koštanih bolesti. Zbog toga se gotovo primarno bavi osmišljanjem sustava koji, na najmanju moguću mjeru, smanjuju fizikalni utjecaj okoline na tijelo. Kao takva, fizikalna ergonomija demonstrira ljudsku sposobnost, logiku i razum da shvati, prepozna i poboljša uvjete rada, a time i života. Da bi se ostvarili ti ciljevi fizikalne ergonomije, potrebno je prepoznati i razumjeti kako i kada rad negativno utječe na čovjeka i njegovo zdravlje. To je zadatak službe zaštite na radu. Čovjek pri radu dolazi u kontakt s rizicima koji mogu biti rizici od ozljeda i rizici od bolesti uzrokovani radom. Ozljede mogu uzrokovati kratkotrajno, ali i dugotrajno oštećenje zdravlja i umanjiti radnu sposobnost, dok su oboljenja uzrokovana radom gotovo uvijek dugotrajna i u svojoj boli i u utjecaju na radnu sposobnost. Najčešće ozljede prema vrsti oštećenja prikazane su slikom 2 u nastavku.



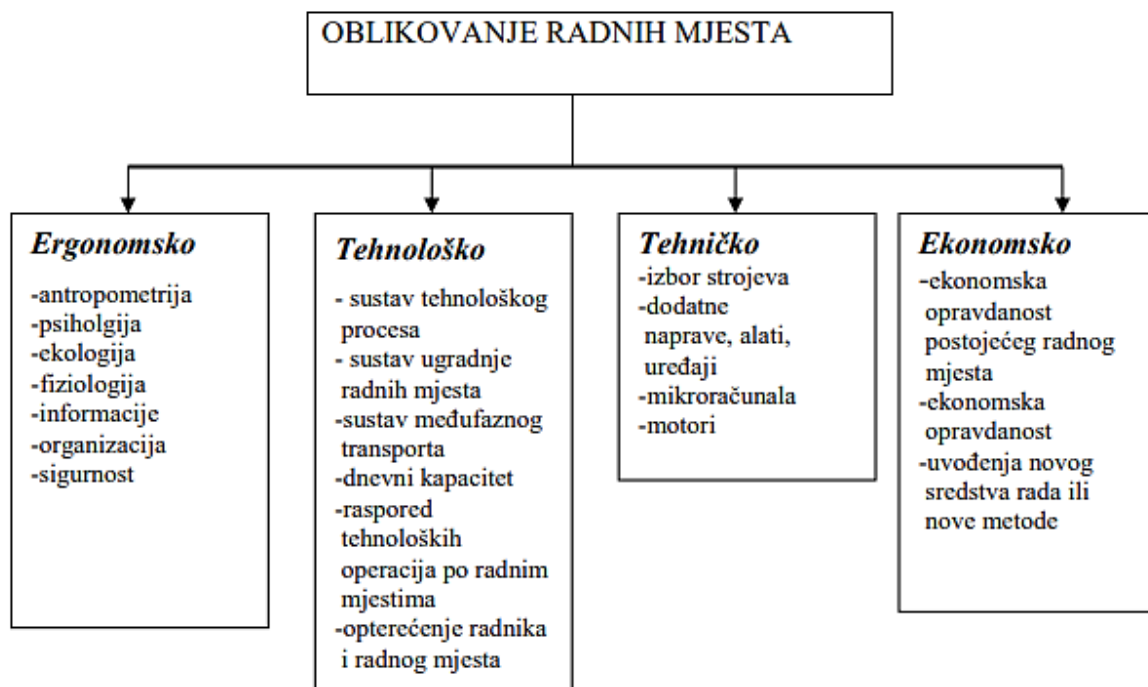
Slika 2. Ozljede prema vrsti oštećenja [1]

Prema tim podacima najčešće su površinske ozljede i lakše ozljede mišićno-koštanog sustava.



## 2.2. Oblikovanje radnih mjesta [1]

Za uspješno oblikovanje radnih mjesta važno je sagledati radno mjesto s ergonomskog stajališta gdje je obuhvaćeno oblikovanje prostora i razmještaja na radnom mjestu čime se smanjuje radno opterećenje i zamor radnika. Nadalje, potrebno je primijeniti tehnološka i tehnička znanja u skladu s proizvodnim procesima. Završna se uspješnost oblikovanja radnih mjesta utvrđuje ekonomskom analizom dobiti usporedbom troškova rada na starom i novo oblikovanom radnom mjestu. Stoga se čimbenici oblikovanja radnih mjesta temelje na ergonomskom, tehnološkom, tehničkom i ekonomskom oblikovanju radnih mjesta kao što prikazuje slika 3.



Slika 3. Prikaz čimbenika oblikovanja radnih mjesta [1]

Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta antropometrije je prilagođavanje visine i dimenzije radnih površina, radne sjedalice i drugih radnih sredstava antropometrijskim mjerama radnika. Radni položaj trebao bi omogućiti dobru pokretljivost ekstremiteta, ergonomski povoljan raspored radnih i vidnih zona i stabilno ravnotežno stanje pri izvođenju radnog procesa. Nepovoljni radni položaj očituje se kroz povećani zamor, smanjenje kvalitete izvođenja radnih operacija i dulje vrijeme izvođenja. Stoga

je za uspješno djelovanje proizvodnih sustava potrebno dizajnirati ergonomske funkcionalno i oblikovano radno mjesto i povoljno stanje radne okoline koji omogućavaju rad uz povećan stupanj proizvodnosti i kvalitetu izrade.

### 2.2.1. Sjedeći radni položaj [1]

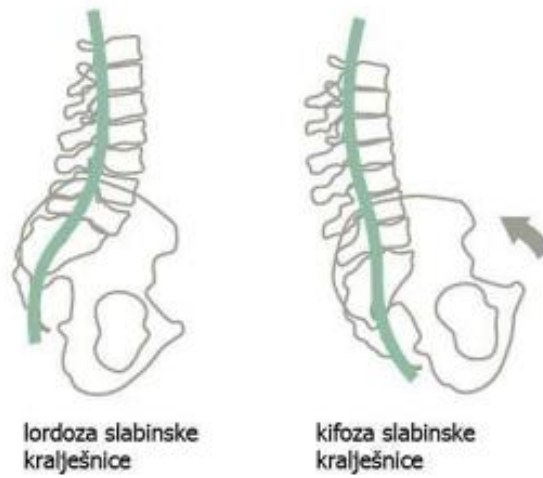
Kod oblikovanja sjedećeg radnog položaja važno je uskladiti visinu radne površine, visinu radne sjedalice i eventualne potpore za noge što ovisi o radnom procesu ili uredskom poslu. S biomehaničkog stajališta, kod rada u sjedećem položaju, radnik prvo prilagodi vidnu udaljenost, visinu lakta, a zatim prilagodi visinu sjedenja. Maksimalna radna brzina za poslove koji se obavljaju u sjedećem položaju i ručno ispred tijela, ostvaruje se kada se laktovi nalaze opušteni sa strane, a podlaktice su pod pravim kutom.

Zbog neprilagođenih dimenzija radnog mjesta prema radniku, odnosno neusklađenosti visine radne površine i visine sjedenja tjelesnoj visini radnika, dolazi do statičkog i dinamičkog opterećenja tijela koji u dužem vremenskom periodu mogu uzrokovati određena oboljenja muskulaturnog sustava.

Sjedeći položaj može potpuno promijeniti sagitalna zakrivljenja kralješnice, što se posebno odnosi na lumbalnu lordozu, a ovisi o načinu sjedenja i konstrukciji sjedalice. Najvažniju ulogu pri tome ima položaj zdjelice jer o njenom nagibu ovisi izgled lumbalne kralješnice.

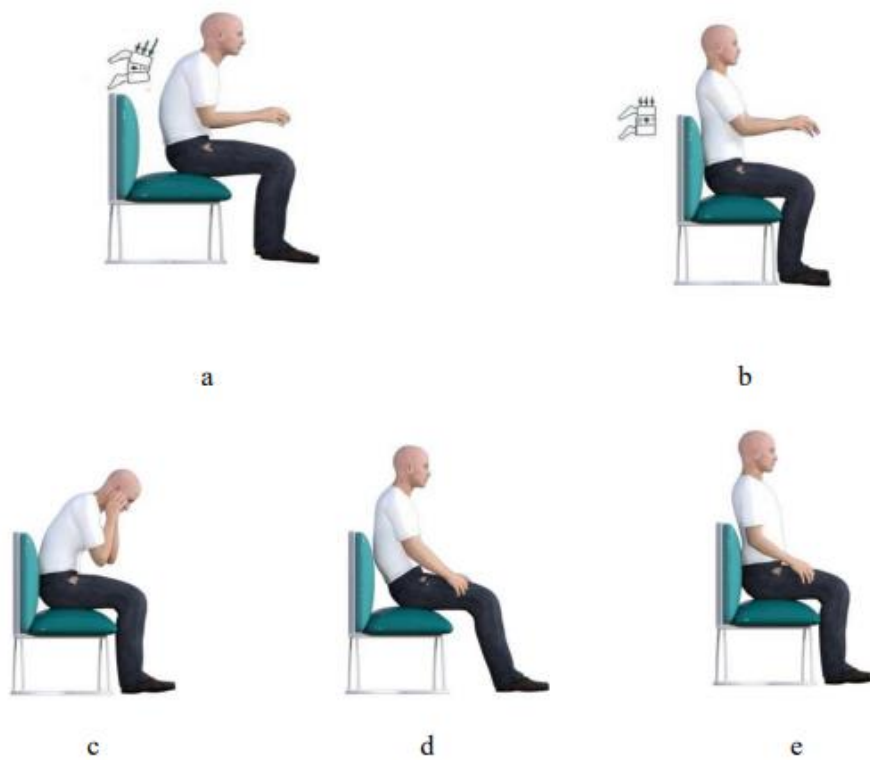
Kod uspravnog sjedenja bez naslona zdjelica je nagnuta prema naprijed, a lumbalno je izražena lordoza. Za održavanje takvog položaja potrebna je znatna aktivnost mišića, pa stoga brzo dolazi do zamora. Pri (udobno) opuštenom sjedenju s naslonom pod različitim kutovima ( $90^{\circ}$ - $100^{\circ}$ ), sagitalna i lumbalna krivulja je potpuno izravnata ili čak nastaje lumbalna kifoza. Za normalno je sjedenje nužno da su oba kuka pokretljiva, jer je jedino tako moguća fleksija potrebna za paralelni položaj natkoljenice, pri čemu je zdjelica u horizontalnoj ravnini paralelna s podlogom.

Položaj zdjelice određuje položaj lumbalne kralješnice kao što prikazuje slika 4.



**Slika 4. Utjecaj zdjelice na položaj lumbalne kralješnice [1]**

Na slici 5 dan je prikaz pravilnog i nepravilnog sjedenja.



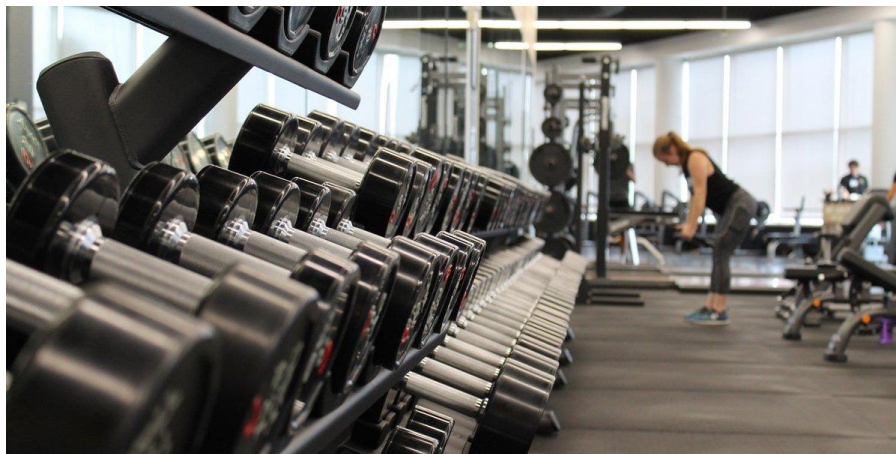
**Slika 5. Prikaz položaja kralješnice pri pravilnom (b, e) i nepravilnom (a, c, d) sjedenju [1]**

### 3. Načini vježbanja u teretani

U suvremenim fitness centrima današnjice razlikuju se dva najčešća oblika vježbanja; trening slobodnim utezima i trening spravama za vježbanje.

Nijedan od navedenih načina vježbanja nije savršen, no pravilnim izvođenjem vježbe pojedinac može postići značajan napredak u povećanju snage i mišićne mase. Izbor načina vježbanja najčešće ovisi o osobnim prioritetima, fizičkoj spremi pojedinca, ciljevima, te dostupnosti opreme za vježbanje. Danas postoji veliki broj slobodnih utega koji su pristupačni cijenom. Također, oni simuliraju pokrete koje koristimo svakodnevno čime djeluju na stabilizaciju cijelog tijela. Slobodni utezi su načelno sigurni kada se pravilno koriste, no potrebno je neko vrijeme kako bi se usavršili pokreti i time spriječile ozljede. Sprave za vježbanje mogu također biti izvrstan alat za vježbanje, ali potrebno ih je pravilno prilagoditi dimenzijama pojedinca i omogućiti zglobovima prirodnu putanju. U protivnom vrlo brzo može doći do ozljeda, posebno ako se radi o neiskusnom vježbaču. Pojedinci mogu puno brže savladati tehniku na spravama za vježbanje, u odnosu na slobodne utege, ako ih pravilno prilagode vlastitim dimenzijama. [2]

Trening slobodnim utezima uključuje istovremeno više pojedinačnih mišićnih skupina što iziskuje više snage i sagorijeva veći postotak masnih naslaga, dok trening na spravama izolira određenu skupinu mišića i time pruža bolji stimulans te mišićne skupine za rast. Pravilnom kombinacijom oba načina treninga postižu se vrhunski rezultati.



Slika 6. Slobodni utezi [3]



**Slika 7. Sprave za vježbanje [4]**

### **3.1. Podjela sprava za vježbanje**

Kao što je ranije navedeno, sprave za vježbanje izoliraju određenu mišićnu skupinu pa shodno tome postoje sprave za gornji i donji dio tijela. Nadalje, u sprave za gornji dio tijela spadaju sprave za prsne mišiće, sprave za trbušne mišiće, sprave za ramena, sprave za biceps i triceps, te sprave za leđne mišiće. Sprave za donji dio tijela uključuju sprave za gluteus, sprave za kvadriceps, sprave za zadnju ložu i sprave za listove.

Najčešće korištene sprave za gornji dio tijela su sprava za potisak prsima, fly mašina, lat mašina i sprava za veslanje, a za donji dio tijela leg press mašina, nožna ekstenzija, nožna fleksija, smith mašina i podizanje prstima za listove. [5]

Prethodno navedene sprave su prikazane slikama u nastavku.

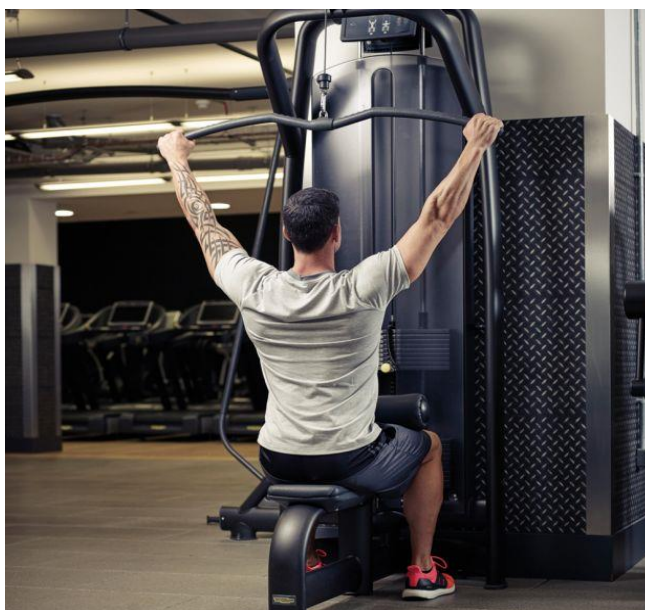




**Slika 8. Sprava za potisak prsima [5]**



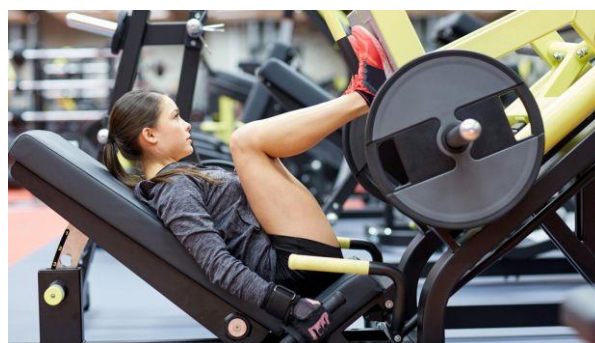
**Slika 9. Fly mašina [5]**



**Slika 10. Lat mašina [5]**



**Slika 11. Sprava za veslanje [5]**



**Slika 12. Leg press mašina [5]**



**Slika 13. Nožna ekstenzija [5]**



**Slika 14. Nožna fleksija [5]**



**Slika 15. Smith mašina [6]**



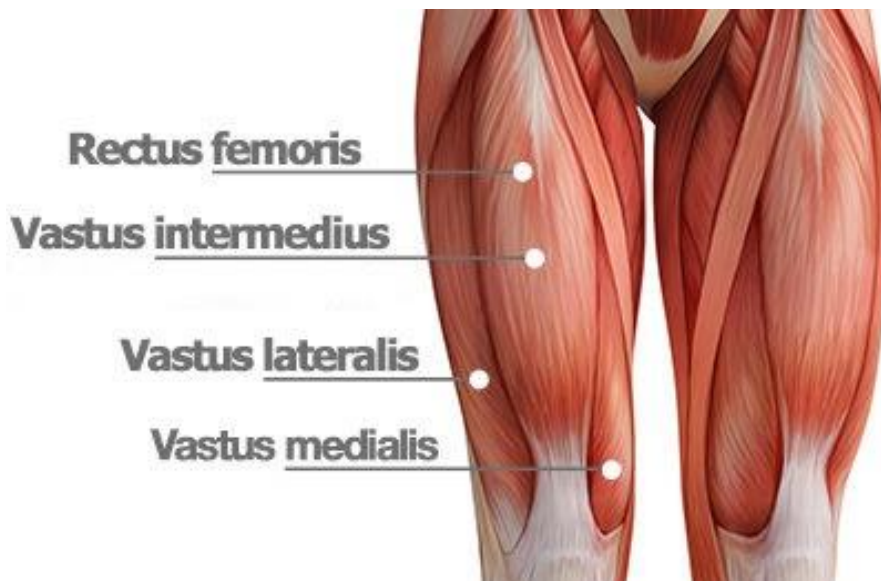


**Slika 16. Sprava za podizanje listovima [7]**

#### 4. Nožna ekstenzija

Nožna ekstenzija, koja je i tema proučavanja ovog završnog rada, omogućuje izolaciju kvadricepsa (bedra). Ukoliko se ne koristi pravilno može dovesti do ozljede koljena, posebno ako se koristi uz neprikladno opterećenje.

Ključ sigurnog izvođenja ove vježbe je skraćena putanja pokreta. Naime, kod potpuno ispružene potkoljenice opterećenje se velikim dijelom prebacuje sa mišića na koljeno što može dovesti do neželjenih ozljeda. Mišići kvadricepsa koji se aktiviraju tijekom ove vježbe su: rectus femoris, vastus intermedius, vastus medialis i vastus lateralis. Rectus femoris je dug i veoma snažan mišić koji se proteže sredinom natkoljenice duž njene cijele duljine. Vastus intermedius se nalazi ispod rectus femorisa i također je relativno velik i snažan. Bliže koljenu, na vanjskoj i unutarnjoj strani bedra, smješteni su vastus medialis i vastus lateralis. Tetive ova četiri mišića vezane su za patelu i obližnje ligamente. [8]



Slika 17. Mišići kvadricepsa [9]

#### 4.1. Primjena kod sportaša

Ojačanje kvadricepsa korištenjem nožne ekstenzije vrlo je važno kod mnogih vještina potrebnih sportašima. Te vještine uključuju skakanje, trčanje, udaranje, dizanje i guranje. Istezanje koljenog zgloba se posebno koristi kod skoka u vis, skoka u dalj, skoka prilikom gađanja na koš u košarci, skokova u odbojci te trčanja kod mnogih timskih sportova. Snaga udarca je posebno važna kod nogometaša, karataša i ostalih borilačkih sportova u kojima je dozvoljeno udaranje nogama. Mnogim bodybuilderima je ova sprava neizostavan dio treninga nogu. Na kraju, važno je spomenuti da je također neizostavan dio u rehabilitaciji koljena. [8]

#### 4.2. Izvedba vježbe

Pravilna izvedba vježbe sastoji se od slijedećih koraka:

- prilikom sjedanja na spravu natkoljenica mora biti u potpunom kontaktu sa sjedištem,
- u početnom položaju potkoljenice bi trebale biti vertikalne i u kontaktu sa valjkom preko kojeg se podižu utezi; valjak treba biti smješten što bliže skočnom zglobu,
- trup treba biti okomit ili blago nagnut prema natrag, a stopala opuštena i ispružena,
- rukama je potrebno primiti ručkice ili bočne strane sjedala zbog stabilizacije,
- kontrahirati kvadriceps u položaj u kojem je potkoljenica u odnosu na natkoljenicu pod kutem od nešto manje od  $180^\circ$ ,
- zadržati valjak nekoliko sekundi u kontrahiranom položaju,
- lagano izvršiti relaksaciju do položaja u kojem su potkoljenica i natkoljenica pod kutem između  $125^\circ$  i  $140^\circ$ ,
- postupak kontrakcije i relaksacije ponoviti do mišićnog otkaza. [8]

Ako se želi povećati opterećenje vastus lateralis stopala treba zarotirati prema van, dok za povećanje opterećenja vastus medialis stopala je potrebno zarotirati prema unutra. Za jaču kontrakciju rectus femoris trup se može nagnuti prema natrag za  $45^\circ$  ili više pri čemu se rectus femoris stavlja u istegnutu poziciju, a jače istezanje iziskuje jaču kontrakciju za izvođenje pokreta. [8]

Slike u nastavku prikazuju dva granična položaja pri izvođenju vježbe.



**Slika 18. Početak kontrakcije i završetak relaksacije [10]**



**Slika 19. Završetak kontrakcije i početak relaksacije [10]**

#### **4.2.1. Nepravilna izvedba vježbe [8]**

Najčešće greške kod izvođenja vježbe su:

- prilikom relaksacije kut između natkoljenice i potkoljenice manji od  $90^\circ$ ; u ovom slučaju dolazi do prevelikog opterećenja koljenog zgloba, posebno pri neposrednom prelasku iz relaksacije u kontrakciju,

- korištenje prevelike težine; prevelika težina iziskuje veću silu za postizanje punog raspona pokreta što također dovodi do preopterećenja koljenog zgloba,
- naginjanje prema naprijed prilikom izvođenja vježbe; ova pozicija onemogućuje mišiću fleksora kuka da stabilizira zdjelčni pojas i bedro što je prijeko potrebno za potpunu ekstenziju,
- izdisaj pri fazi kontrakcije; kada se to dogodi trup postaje nestabilan što dovodi do kontrakcije drugih mišića i povećanje rizika ozljede.

#### 4.3. Tipovi nožne ekstenzije

Na današnjem tržištu postoji veliki broj proizvođača i tipova nožnih ekstenzija. Razlikuju se po mnogim sitnim detaljima, no postoji jedna glavna podjela. Ta podjela ih dijeli na: nožne ekstenzije opteretljive utezima i nožne ekstenzije opteretljive preko zatika.

Kao što je vidljivo sa slike ispod, postoji i podjela na: nožne ekstenzije s jednim valjkom i nožne ekstenzije s dva manja neovisna valjka. Kod sprava s dva manja neovisna valjka postiže se jednaka kontrakcija oba kvadricepsa jer noge rade odvojeno i nema asimetrične aktivacije (ne može se dogoditi da jedna noga preuzme veći dio opterećenja u odnosu na drugu).



Slika 20. Nožna ekstenzija opteretljiva utezima [11]



**Slika 21. Nožna ekstenzija opteretljiva preko zatika [12]**

#### **4.3.1. Nožna ekstenzija opteretljiva utezima**

Kod nožne ekstenzije opteretljive direktno preko utega, mehanizam je mnogo jednostavniji. On se sastoji od valjka, nosača utega i poluge koja je zglobnom vezom povezana sa nepomičnim osloncem. Masa koja se želi podići se regulira postavljanjem pločastih utega na nosač. Sila koja je potrebna za podizanje može se vrlo lako izračunati pomoću momentne jednadžbe oko nepomičnog oslonca.

Prednosti ove izvedbe sprave su: nešto jednostavniji mehanizam pa samim time i manji broj dijelova, manji gabariti, lakše održavanje, niži troškovi i cijena, jednostavniji transport i premještanje sprave itd.

Najveći nedostatak ovog tipa sprave je što mora postojati neovisan set utega kako bi se uopće sprava mogla koristiti, a to sa sobom povlači i potrebu da se kod svake promjene težine s kojom želimo vježbati mora sići sa sprave i donositi i odnositi utege. S obzirom da su potrebni neovisni utezi, potreban je i stalak za iste, što zahtjeva dodatan prostor u koji će se stalak smjestiti. To znači da iako

je postignuta ušteda prostora sa jednostavnijim tipom sprave, dodatkom stalka za utege ušteda prostora se nije manifestirala. Također, postoji ograničenje u pogledu količine utega koja se može postaviti na spravu, a koje se ogleda kroz nosač utega. Na spravu se može postaviti onoliko utega koliko dopušta duljina nosača.

#### **4.3.2. Nožna ekstenzija opteretljiva preko zatika**

Kod nožne ekstenzije opteretljive preko zatika situacija je nešto drugačija. Mehanizam se sastoji od valjka, poluge, uležištene osovine, užeta, sustava kolotura, vodilica za utege, te set utega ukomponiran u samu spravu. Masa koja se želi podići regulira se postavljanjem zatika u željeni utor na središnjoj vodilici pri čemu se izabere željena težina za izvođenje vježbe. Sila u užetu, ako se zanemare gubici trenja kod kolotura, će biti jednaka težini koja se podiže. Ta sila u užetu djeluje na određenom kraku u odnosu na središnju os osovine. Sila potrebna za podizanje (sila koju treba izvršiti vježbač) djeluje na kraku poluge u odnosu na središnju os osovine. Postavljanjem momentne jednadžbe, prethodno navedenih dviju sila u odnosu na središnju os osovine, možemo izračunati silu potrebnu za podizanje.

Prednost ove izvedbe sprave je prvenstveno lakoća odabira i promjene težine s kojom vježbač želi izvoditi vježbu. Prilikom njenog konstruiranja vidljivo je da je naglasak stavljen na jednostavnu prilagodljivost korisniku, što je u velikoj mjeri i postignuto. Još jedna od prednosti je i ukomponiran set utega u samu spravu pa ne treba razmišljati o dodatnoj nabavi opreme (utega i stalka za iste).

Nedostaci ovog tipa sprave su: kompliciraniji mehanizam i veći broj dijelova, veći gabariti, teže održavanje i veći troškovi, otežan transport i premještanje, kompliciranija montaža i demontaža, potrebno fino podešavanje napetosti užeta itd.

## 5. Ergonomijska analiza Life Fitness Insignia nožne ekstenzije

Simbioza vježbača i sprave izuzetno je važna kako bi se ciljani mišići aktivirali na najbolji mogući način, a pri tome rizik od ozljede sveo na minimum. Moderni fitness centri današnjice dostupni su svim građanima koji žele imati tjelovježbu kao ispušni ventil i pobjeći od stresnih situacija doživljenih svakodnevno. Ova pojava izuzetno je pozitivna jer se način življenja jako promijenio i sjedilački način života postao je novo normalno. Međutim, velika navala u teretane onemogućila je fitness trenerima da se posvete svim članovima i zbog toga mnogi nisu upućeni kako pravilno prilagoditi spravu svojim vlastitim dimenzijama, a samim time hvatišta sila koje djeluju na vježbača nisu pravilno raspodijeljena.

Osim problema educiranosti vježbača, postoji i problem sa izvedbama pojedinih sprava. Određene sprave ne mogu se u potpunosti ergonomski prilagoditi vježbačima unatoč njihovom znanju i educiranosti. Takav je slučaj i sa nožnom ekstenzijom proizvođača Life Fitness serije Insignia. Detaljna ergonomijska analiza prethodno navedene sprave provedena je u nastavku.

### 5.1. Tehničke specifikacije

Ova nožna ekstenzija pripada skupini nožnih ekstenzija opteretljivih preko zatika. Sastoji se od jednog valjka kojeg pokreću obje noge istovremeno.

Kut između sjedišta i naslona iznosi  $100^\circ$  što omogućuje vježbaču ugodan položaj te maksimalnu kontrakciju i relaksaciju. [13]

Tehničke specifikacije prikazane su tablicom 1 u nastavku.

**Tablica 1. Tehničke specifikacije [13]**

Dimenzije	166 cm x 106 cm x 148 cm
Minimalno potreban prostor	212 cm x 166 cm x 210 cm
Masa proizvoda	323 kg
Maksimalno dopuštena masa vježbača	136 kg
Standardna masa svih utega	130 kg
Opcionalna masa svih utega	152 kg



Iz prethodne tablice vidljivo je da je potreban nešto veći prostor od samih dimenzija sprave za optimalno korištenje.

Standardna masa svih utega se odnosi na standardnu ponudu sprave, dok se opcionalna masa svih utega odnosi na dodatnu ponudu sprave koja se može izabrati za one koji žele veću ukupnu masu utega dostupnih za korištenje.

Prikaz razmatrane sprave vidljiv je iz slike 22 u nastavku.



**Slika 22. Life Fitness Insignia nožna ekstenzija**

## **5.2. Podešavanje sprave**

Podesivost sprave je najvažnija stavka za optimalnu ergonomsku simbiozu vježbača i sprave. Na spravi se mogu podešavati naslon, valjak, položaj poluge te naravno masa koja se želi podizati.

Podesivost naslona vidljiva je iz slike 23 na idućoj stranici.



**Slika 23. Podesivost naslona**

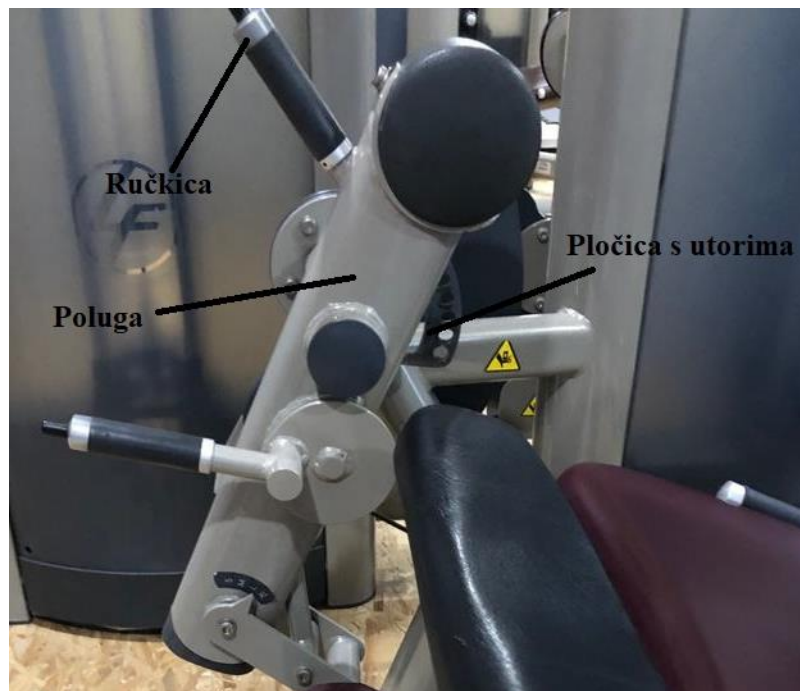
Naslon se podešava izvlačenjem ručkice pri čemu ručkica izlazi iz utora na pripadajućoj pločici s utorima. Kada je ručkica izvučena omogućena je rotacija pločice s utorima pa tako i 4 rotacijske pločice mogu rotirati oko svojih svornjaka. Pri tome se naslon pomiće ovisno o smjeru u koji ga želimo pomaknuti. Pomicanje naslona ograničeno je kružnom putanjom rotacijskih pločica te brojem i razmakom utora na pločici s utorima. To znači da će se naslon pri pomicanju lijevo ili desno od gornje točke kružnice također i blago spuštati. Naslon će se moći zaključati samo u položajima koje mu dopušta pločica s utorima. Pri postupku zaključavanja potrebno je ručkicu gurnuti u odabrani utor.

Podesivost valjka vidljiva je prema slici 24 u nastavku. Pritiskom gumba na ručici omogućava se rotacija same ručice i osovine za koju je zavarena. Rotacijom osovine dolazi do rotacije valjka preko prijenosnog mehanizma koji nije vidljiv izvana. Valjak se može postaviti u položaje S, M, L i XL za koje su predviđeni utori, slično kao i kod naslona.



**Slika 24. Podesivost valjka**

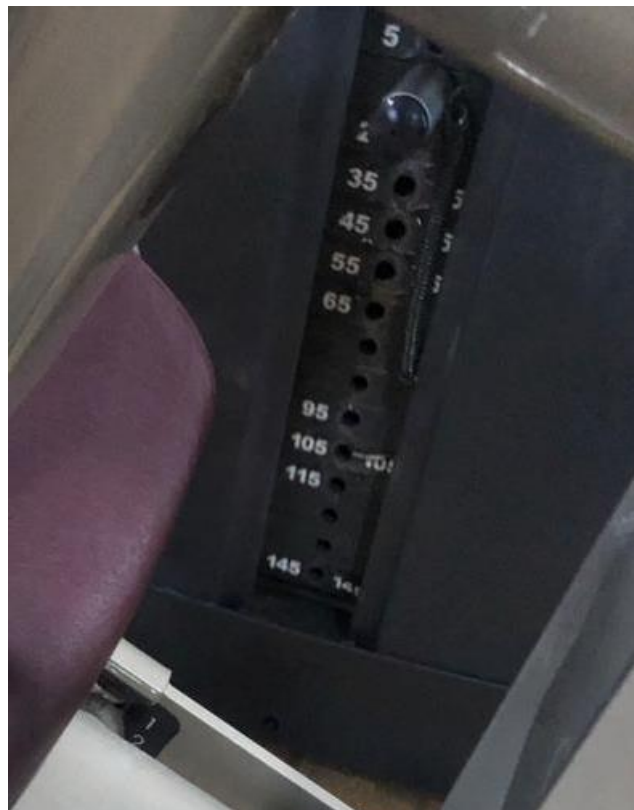
Podesivost poluge vidljiva je iz slike 25 u nastavku.



**Slika 25. Podesivost poluge**

Pritiskom gumba na ručkici dolazi do uvlačenja zatika i poluga se može slobodno rotirati oko svog oslonca. Položaji u koje se može postaviti poluga predodređeni su položajem i brojem utora na pločici s utorima. Otpuštanjem gumba zatik se izvuče u željeni utor te poluga zauzme položaj koji želimo. Podešavanjem poluge određuje se raspon pokreta prilikom izvođenja vježbe. Rotiranjem poluge u smjeru kazaljke na satu skraćujemo raspon pokreta, a rotiranjem suprotno kazaljke na satu povećavamo raspon pokreta. Ovdje treba ponovo napomenuti da ne treba pretjerivati s rasponom pokreta jer time se povećava opterećenje koljena. Pravilan položaj poluge je onaj pri kojem će u donjem graničnom položaju kut između natkoljenice i potkoljenice biti 90 stupnjeva ili nešto više. Mogućnost skraćivanja pokreta posebno je korisna kod rehabilitacije koljena gdje se raspon pokreta postepeno može povećavati kako rehabilitacija napreduje.

Nakon namještanja najboljeg ergonomskog položaja, zadnje što vježbač mora odabrati je masa koju želi podizati. Podesivost mase prikazana je slijedećom slikom.



**Slika 26. Podesivost mase**

Masa se jednostavno može podesiti postavljanjem zatika u željeni utor. Time se poveže željena masa s centralnom vodilicom koja je povezana užetom s osovinom. Vežu užeta i osovine prikazuje slika 27.



**Slika 27. Veza užeta i osovine**

Osim centralne vodilice, smještene zajedno s utezima unutar stalka za utege, postoje i dodatne dvije vodilice čija je uloga linearno vođenje centralne vodilice i utega prilikom izvođenja vježbe. Te dvije vodilice također sprječavaju njihanje centralne vodilice i utega na užetu.



### 5.3. Analiza korištenja sprave

Analiza korištenja sprave provedena je na 6 nasumično odabranih ispitanika (3 muškarca i 3 žene). Cilj ove analize bio je utvrditi znaju li vježbači ergonomski pravilno sebi prilagoditi spravu, te može li se sprava ergonomski prilagoditi svakom vježbaču.

#### 5.3.1. Vježbač 1

Radi se o iskusnijem rekreativnom vježbaču koji se već par godina aktivno bavi vježbanjem. Ergonomski pravilno zna prilagoditi spravu što je vidljivo iz slike 28.



Slika 28. Vježbač 1

Natkoljenica je u potpunom kontaktu sa sjedištem što je rezultat pravilnog prilagođavanja naslona. U potpunom kontaktu natkoljenica pruža dobru potporu koljenom zglobu.

Poluga je također pravilno namještena s obzirom da je kut između natkoljenice i potkoljenice u donjem graničnom položaju 90 stupnjeva.

Valjak je u pravilnom odnosu s potkoljenicom jer je smješten uz stopalo.

Vježbač u ovom položaju svoju snagu pravilno usmjerava na podizanje utega.

### 5.3.2. Vježbač 2

Vježbač 2 također se par godina bavi rekreativnim vježbanjem, no potpuno ergonomski nepravilno koristi spravu. Problem kod ovog tipa vježbača je što su motorički usavršili krivi pokret i teško se prilagođavaju promjenama. Nepravilan gornji i donji granični položaj prikazani su slikama u nastavku.



**Slika 29. Donji granični položaj vježbača 2**



**Slika 30. Gornji granični položaj vježbača 2**

Natkoljenica vježbača 2 nije u potpunom kontaktu sa sjedištem i ne pruža pravilan oslonac koljenu. Osim koljenu, ne pruža pravilan oslonac ni zdjelici što može uzrokovati njeno pomicanje prema naprijed, savijanje donjeg dijela leđa i eventualni nastanak ozljede donjeg dijela leđa. Uzrok ovog problema je naslon previše smješten prema naprijed.

Valjak je previsoko smješten na potkoljenici što smanjuje efekt poluge i iziskuje veću silu za podizanje. Veća sila povećava neželjeno opterećenje koljena i u kombinaciji sa smanjenom stabilnošću koljena savršen je put prema ozljedi. Uzrok ovog problema su naslon previše smješten prema naprijed i nepravilan kut valjka u odnosu na polugu.

Poluga je pravilno prilagođena kao i kod vježbača 1.

### 5.3.3. Vježbač 3

Vježbač 3 godinama se bavio različitim sportovima, no ima malo iskustva s vježbanjem u teretani. Njegova izvedba vježbe prikazana je slikom 31.



Slika 31. Vježbač 3



Iz prethodne slike je vidljivo da sjedište blago prelazi granicu koljenog zgloba što uzrokuje blago povlačenje zdjelice prema naprijed i smanjuje površinu kontakta naslona i leđa. U ovom položaju donji dio leđa nije u kontaktu s naslonom što dugoročno može rezultirati ozljedom. Razlog ovog problema je naslon previše smješten prema natrag.

Također, vidljivo je da vježbač 3 prilikom izvođenja vježbe ne drži bočne ručkice za stabilizaciju što dodatno povećava efekt pomicanja zdjelice prema naprijed i gubitka stabilizacije.

Valjak i poluga su pravilno namješteni.

#### 5.3.4. Vježbač 4

Vježbač 4 je fitness trenerica koja se prethodno godinama bavila atletikom. Iz slika u nastavku vidljivo je da čak određeni fitness treneri ne koriste pravilno spravu što dovodi u veliku opasnost vježbače koje će oni podučavati.



**Slika 32. Donji granični položaj vježbača 4**



**Slika 33. Gornji granični položaj vježbača 4**

Položaj valjka vježbača 4 postavljen je previsoko u odnosu na potkoljnicu. Kao i kod vježbača 2 ovaj položaj smanjuje efekt poluge smanjivanjem kraka hvatišta sile što povećava potrebnu silu.

Također, stabilnost je narušena kao i kod vježbača 3 nepridržavanjem bočnih ručkica.

Poluga je pravilno namještena kao kod svih prethodnih vježbača.

### **5.3.5. Vježbač 5**

Vježbač 5 trenira tek par tjedana u teretani što je i vidljivo iz slike 34 u nastavku. Ovdje je vidljivo kako veću pažnju treba posvetiti edukaciji od samog početka kako se ne bi učvrstile krive navike stečene u samim počecima vježbanja kao kod vježbača 2.



**Slika 34. Vježbač 5**

U slučaju vježbača 5 naslon je previše povučen prema naprijed što se vidi u nepostojanju kontakta sjedišta i granice koljena. Također, kontakt s naslonom ostvaren je samo donjim dijelom leđa.

Valjak je smješten na samom stopalu što predstavlja veliku opasnost za skočni zglob. Naime, iako je efekt poluge povećan, ovaj položaj uzrokuje preveliko pružanje stopala prema naprijed što može dovesti do istegnuća skočnog zgloba, posebno pri vježbanju s većom masom utega. Problem se može vrlo lako riješiti rotacijom valjka u pravilan položaj.

Nepridržavanje bočnih ručkica predstavlja smanjenje stabilizacije i posljedice navedene kao i kod prethodnih vježbača.

Poluga je pravilno podešena.

### 5.3.6. Vježbač 6

Vježbač 6 je studentica kineziologije s dugogodišnjim iskustvom bavljenja atletikom i fitnessom. Kao i vježbač 1, vježbač 6 koristi nožnu ekstenziju u pravilnom ergonomsom položaju. Slika 35 prikazuje vježbača 6 u gornjem graničnom položaju izvođenja vježbe.



Slika 35. Vježbač 6

### 5.4. Analiza potreba korisnika

Cilj ove analize je utvrditi kako i zašto prethodnih 6 vježbača koristi spravu, koliko su svjesni njezinih prednosti, nedostataka, ograničenja, te prikupiti od njih što više informacija u svrhu unaprijeđenja i modifikacija. Pri tome nije im prethodno dano vlastito mišljenje o postojećoj spravi, već se prionulo na intervju odmah nakon analize korištenja sprave. Također, na greške prilikom analize korištenja sprave ukazano im je tek nakon završetka intervjua.

Tablični prikaz pitanja, odgovora vježbača i njihova interpretacija dani su u nastavku.

Tablica 2. Intervju vježbača 1

Pitanje	Korisnikov odgovor	Interpretacija potrebe
Tipičan način korištenja sprave?	- 3 puta tjedno - 4-6 serija po 8-15 ponavljanja - Masa utega 50-90 kg	- Efikasna sprava za učestalo korištenje s većim opterećenjem - Neophodan jednostavno podesiv ergonomski pravilan položaj
Što razmatraju prilikom korištenja sprave?	- Maksimalna izolacija kvadricepsa - Što manje opterećenje koljena	- Maksimalan stupanj iskoristivosti pri pravilnom ergonomskom položaju - Spriječiti mogućnost postavljanja poluge u položaj koji preopterećuje koljena
Što im se sviđa na postojećoj spravi?	- Podešavanje pomoću ručica s gumbima - Širok raspon mase utega	- Zadržati podesivost pomoću ručica s gumbima i širok raspon mase utega
Što im se ne sviđa na postojećoj spravi?	- Nejednolika raspodjela opterećenja jedne noge u odnosu na drugu	- Modificirati mehanizam valjka
Predložena poboljšanja?	- Mekši valjak	- Promijeniti materijal valjka

Tablica 3. Intervju vježbača 2

Pitanje	Korisnikov odgovor	Interpretacija potrebe
Tipičan način korištenja sprave?	- 1 tjedno kod treninga nogu - 4 serije po 10 ponavljanja - Masa utega 40 kg	- Efikasna sprava za povremeno korištenje s manjim opterećenjem
Što razmatraju prilikom korištenja sprave?	- Da se kvadricepsi što bolje aktiviraju	- Maksimalan stupanj iskoristivosti pri pravilnom ergonomskom položaju



<b>Što im se sviđa na postojećoj spravi?</b>	- Sve	- Nema potrebe za modifikacijama
<b>Što im se ne sviđa na postojećoj spravi?</b>	- Sve mu se sviđa	- Nema potrebe za modifikacijama
<b>Predložena poboljšanja?</b>	- Ništa ne bi mijenjao	- Nema potrebe za modifikacijama

Tablica 4. Intervju vježbača 3

<b>Pitanje</b>	<b>Korisnikov odgovor</b>	<b>Interpretacija potrebe</b>
<b>Tipičan način korištenja sprave?</b>	- 2-3 puta tjedno na kraju treninga nogu - 3 serije po 12 ponavljanja - Masa utega 80-120 kg - Nekada vježba jednu pa zatim drugu nogu odvojeno	- Efikasna sprava za srednje učestalo korištenje s velikim opterećenjem - Omogućiti siguran ergonomski položaj pri odvojenom vježbanju nogu
<b>Što razmatraju prilikom korištenja sprave?</b>	- Jednoliko opterećenje nogu	- Modificirati mehanizam valjka
<b>Što im se sviđa na postojećoj spravi?</b>	- Moderan dizajn	- Zadržati atraktivan dizajn
<b>Što im se ne sviđa na postojećoj spravi?</b>	- Pri korištenju veće mase utega teško je zadržati stabilnost gornjeg dijela tijela - Ponekad se osjeti minimalni prazni hod pri prvoj fazi podizanja utega	- Osmisliti dodatnu stabilizaciju pored bočnih rukohvata - Upotrijebiti materijal otporniji na puzanje
<b>Predložena poboljšanja?</b>	- Otkloniti prethodno navedene nedostatke	- Modificirati nedostatke

Tablica 5. Intervju vježbača 4

Pitanje	Korisnikov odgovor	Interpretacija potrebe
Tipičan način korištenja sprave?	- 1 tjedno kod treninga nogu - 4 serije po 15 ponavljanja - Masa utega 30 kg	- Efikasna sprava za povremeno korištenje s manjim opterećenjem
Što razmatraju prilikom korištenja sprave?	- Poboljšanje tonusa kvadricepsa	- Maksimalan stupanj iskoristivosti pri pravilnom ergonomskom položaju
Što im se sviđa na postojećoj spravi?	- Dizajn - Nagib naslona	- Zadržati nagib naslona za maksimalnu kontrakciju i relaksaciju
Što im se ne sviđa na postojećoj spravi?	- Tvrdo sjedište, naslon i valjak	- Primijeniti mekanije materijale sjedišta, naslona i valjka
Predložena poboljšanja?	- Mekaniji materijal sjedišta, naslona i valjka	- Modificirati navedeno

Tablica 6. Intervju vježbača 5

Pitanje	Korisnikov odgovor	Interpretacija potrebe
Tipičan način korištenja sprave?	- Nema još određen točan plan treninga - Masa utega 20 kg	- Sprava lako razumljiva početnicima
Što razmatraju prilikom korištenja sprave?	- Ne zna	-
Što im se sviđa na postojećoj spravi?	- Elegantan dizajn	- Zadržati atraktivan dizajn
Što im se ne sviđa na postojećoj spravi?	- Nepostojanje detaljnijih uputa na spravi za namještanje pravilnog ergonomskog položaja	- Postaviti detaljne upute za prilagođavanje naslona, valjka i poluge
Predložena poboljšanja?	- Ne zna još dovoljno	-

Tablica 7. Intervju vježbača 6

Pitanje	Korisnikov odgovor	Interpretacija potrebe
<b>Tipičan način korištenja sprave?</b>	- 3-4 puta tjedno - 4-6 serija po 10-20 ponavljanja - Masa utega 40-60 kg	- Efikasna sprava za učestalo korištenje s umjerenim opterećenjem
<b>Što razmatraju prilikom korištenja sprave?</b>	- Maksimalnu aktivaciju kvadricepsa - Jednostavnost prilagođavanja vlastitim dimenzijama	- Maksimalan stupanj iskoristivosti pri pravilnom ergonomsom položaju - Jednostavno prilagođavanje naslona, valjka i poluge
<b>Što im se sviđa na postojećoj spravi?</b>	- Dobar raspon mase utega - Atraktivan dizajn - Namještanje pomoću ručica s gumbima - Smanjen rizik od ozljede	- Zadržati navedene karakteristike
<b>Što im se ne sviđa na postojećoj spravi?</b>	- Neprilagodljivost u određenim segmentima - Nejednoliko opterećenje obje noge	- Omogućiti finije podešavanje naslona, valjka i poluge - Modificirati mehanizam valjka
<b>Predložena poboljšanja?</b>	- Ukloniti prethodno navedene nedostatke, a prednosti zadržati	- Modificirati nedostatke



## 6. Moguća poboljšanja nožne ekstenzije

Iz prethodne dvije analize može se zaključiti da je nožna ekstenzija gotovo potpuno sigurna kada se koristi u pravilnom ergonomsom položaju, no ako samo jedan parametar nije pravilno podešen on narušava cjelokupni ergonomski položaj i značajno povećava rizik od ozljede. S obzirom na to potrebno je spravu modificirati kako bi se neiskusnim vježbačima ponajprije olakšalo podesiti spravu prikladno svojim vlastitim dimenzijama. Također, treba se pri tome osvrnuti na predložena poboljšanja, prednosti i nedostatke koje su naveli sami vježbači.

Analizirajući intervju vježbača 1 potrebno je modificirati hod poluge, mehanizam valjka i materijal obloge valjka. Hod poluge sprave koja je analizirana nije problem u slučaju kada vježbač zna da treba izbjegavati položaj koji dovodi natkoljenu i potkoljenu pod kut manji od 90 stupnjeva u donjem graničnom položaju. Međutim, postojeća sprava dopušta postavljanje poluge u taj neželjeni položaj što može dovesti vježbača bez dovoljno znanja u povećan rizik od ozljede, posebno korištenjem većeg opterećenja. Hod poluge se jednostavno može ograničiti uklanjanjem utor, na pločici s utorima, koji postavlja polugu u neželjeni položaj.

Mehanizam valjka potrebno je modificirati zbog nejednolikog opterećenja jedne noge u odnosu na drugu. Ovaj problem može se riješiti vježbanjem jedne noge pa zatim druge noge, no s obzirom da većina korisnika koristi spravu s obje noge istovremeno potrebno je pronaći konstrukcijsko rješenje koje će otkloniti problem. Nejednolika raspodjela opterećenja posljedica je nedovoljne fleksijske krutosti valjka. Naime, pri izvođenju vježbe noga koja je na većem kraku u odnosu na spoj valjka i poluge uzrokuje veći moment savijanja valjka što povećava progib na tom mjestu u odnosu na drugu nogu. Povećani progib uzrokuje nešto kraći raspon pokreta što dovodi do nešto većeg opterećenja druge noge. Kada se tome pridodaju motoričke nesavršenosti razlika opterećenja jedne noge u odnosu na drugu još je veća. To se može riješiti izborom materijala s većim modulom elastičnosti ili izborom poprečnog presjeka s većim aksijalnim momentom otpora. Druga varijanta rješenja je preoblikovanje mehanizma valjka kako je prikazano slikom 36 u nastavku.



**Slika 36. V-gym nožna ekstenzija**

Sa slike se može primijetiti kako je problem nejednolikog opterećenja nogu riješen tako da je valjak preko poluge uležišten na sredini svoje duljine. Pri tome obje noge stvaraju sile koje su jednake po iznosu (ako se vježba izvodi potpuno motorički korektno) i hvatište im je na jednakom kraku u odnosu na oslonac.

Treća varijanta rješenja je kao što prikazuje ranije navedena slika 20 kod koje je prikazana nožna ekstenzija opteretljiva utezima kod koje postoje dva odvojena valjka (svaki za jednu nogu). U ovom slučaju svaka noga izvodi vježbu zasebno, no konstruirati ovaj tip mehanizma valjka kod nožne ekstenzije opteretljive preko zatika stvara dodatan problem. Potrebno je konstruirati kompliciraniji mehanizam užeta i kolotura jer se mehanizam mora sastojati od dva odvojena užeta što povećava gabarite sprave.

Problem tvrdoće obloge valjka navelo je nekoliko ispitanika. Taj se problem vrlo lako može riješiti primjenom mekanije i deblje spužve kao obloge.

Analizirajući intervju vježbača 2 ne možemo dobiti korisnu povratnu informaciju, no ako proučimo način na koji koristi spravu možemo donjeti neke zaključke. Od velike važnosti je napraviti detaljne tekstualne upute i slikovne prikaze pravilnog ergonomskeg položaja kako bi svi vježbači mogli pravilno vježbati. Većina proizvođača sprava postavi tekstualne i slikovne upute na spravu, no te upute nisu dovoljno detaljne. One najčešće prikazuju samo mišićnu skupinu za koju je sprava namijenjena i ukratko objašnjavaju kako se sprava koristi.

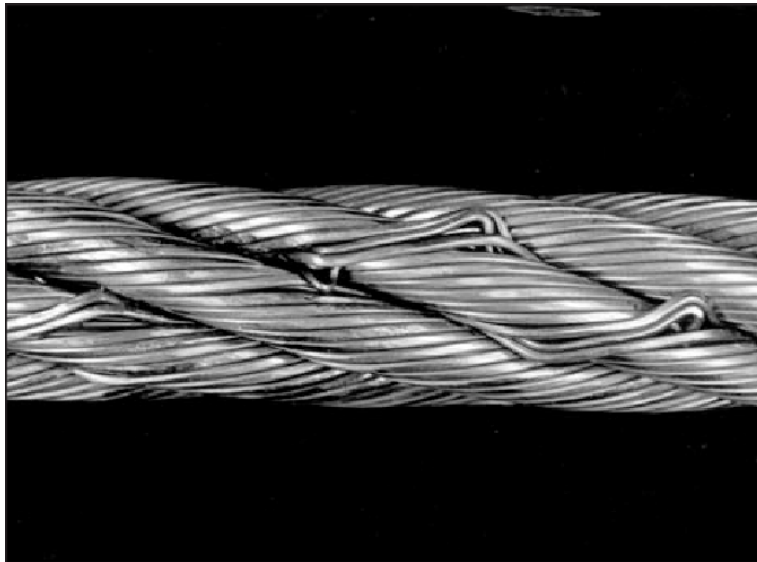
Intervju vježbača 3 ukazao je na dva dodatna problema. Prvi problem je smanjena stabilizacija gornjeg dijela tijela pri korištenju većeg opterećenja. U tom slučaju bočne ručkice nisu dovoljne za potpunu stabilizaciju jer opterećenje nastoji podići vježbača od sjedišta. Problem se može vrlo lako ukloniti dodavanjem stabilizacijskog pojasa slično kao kod sigurnosnog pojasa u putničkim zrakoplovima. Navedeni pojas prikazan je narednom slikom.



**Slika 37. Stabilizacijski pojas [14]**

Stabilizacijski pojas osim što će onemogućiti podizanje vježbača prema gore, također će onemogućiti pomicanje zdjelice prema naprijed i spriječiti savijanje donjeg dijela leđa. Tako će donji dio leđa ostati zaštićen ako se i dogodi da vježbač nepravilno podesi naslon.

Drugi problem uočen kod intervjua vježbača 3 je problem labavljenja užeta. Do labavljenja užeta najčešće dolazi zbog popuštanja mehanizma koji zateže užu. Ovaj problem teško je eliminirati jer pojava labavljenja užeta česta je prilikom eksploatacije, posebno u uvjetima promjenjivog dinamičkog opterećenja kao što je slučaj kod sprave nožne ekstenzije. Potrebno je stoga omogućiti jednostavno zatezanje užeta kada dođe do labavljenja. Do labavljenja užeta može također doći zbog mikropuknuća koja su prikazana slikom 38. Njih se može eliminirati upotrebom kvalitetnijeg užeta.



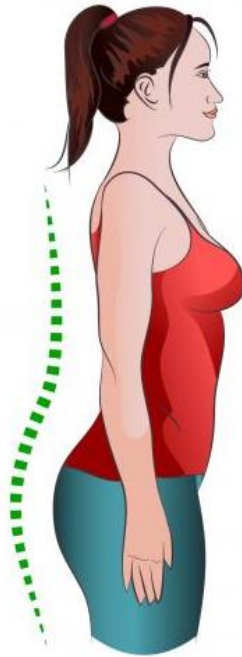
**Slika 38. Mikropuknuća užeta [15]**

Intervju vježbača 4 ukazuje na potrebu za mekanijim materijalima sjedišta i naslona. Upotreba debljih i mekanijih spužvi može riješiti problem neudobnosti jednako kao kod obloge valjka.

Na posljetku, intervju vježbača 6 nam ukazuje na potrebu za mogućim finijim podešavanjem naslona, valjka i poluge. Postoje vježbači kojima se sprava ne može u potpunosti prilagoditi zbog specifičnosti njihove građe. Osobe jednake visine teško će imati sve pojedinačne segmente jednake duljine, stoga mogućnost podešavanja treba proširiti. To se može postići povećanjem broja utora i smanjenjem

njihovog međusobnog razmaka ili upotrebom nekih drugih translacijskih i rotacijskih mehanizama koji će omogućiti potrebno fino podešavanje.

Osvrtom na intervjue vidljivo je da nijedan od vježbača nije uočio problem oblika naslona. Naslon je potpuno ravan i time ne pruža u potpunosti potporu leđima. Pravilan položaj kralježnice je u obliku slova “S” kao što prikazuje slika u nastavku.



**Slika 39. Pravilan položaj leđa [16]**

Naslon mora pratiti putanju leđa, što znači da treba biti oblikovan u obliku slova “S”. Time će u potpunosti pružati potporu leđima i značajno pomoći u prevenciji ozljeda leđa. Danas na tržištu postoji veliki broj ergonomski dizajniranih stolica čiji dizajn se može upotrijebiti i kod naslona sprava za vježbanje. Primjer takvog dizajna je uredska stolica prema slici 40.



**Slika 40. Ergonomski dizajn stolice [17]**

## 7. Zaključak

Vježbanje pomoću sprava za vježbanje odličan je način za postizanje balansa kompletne muskulature. Pri tome je nužno poznavati pravilan ergonomske položaj kako bi se sprava maksimalno prilagodila antropometrijskim značajkama pojedinca. U suprotnom, rizik od ozljede se značajno povećava zbog ograničene putanje pokreta definirane pri konstruiranju sprave. Zadatak ergonomije je da se njenom primjenom smanje i spriječe ozljede, poboljšaju uvjeti rada te promiču zdravi stavovi društva prema životnom radnom okolišu. Dobar ergonomske dizajn sprave za vježbanje, nužan je kako bi se spriječile ozljede od ponavljajućih kretnji i radnji koje s vremenom mogu dovesti do invaliditeta. Sprava za nožnu ekstenziju, koja je i tema proučavanja ovog završnog rada, omogućuje izolaciju kvadricepsa (bedra). Ukoliko se ne koristi pravilno može dovesti do ozljede koljena, posebno ako se koristi uz neprikladno opterećenje. Postoje dva osnovna tipa nožne ekstenzije, nožna ekstenzija opteretljiva utezima i nožna ekstenzija opteretljiva preko zatika. Unutar ta dva tipa postoji dodatna podjela ovisno o izvedbi mehanizma valjka koji može biti izveden kao jedan valjak pokretan sunožno ili kao dva manja valjka pokretana neovisno jedan u odnosu na drugi. Proučavanjem nožne ekstenzije proizvođača Life Fitness utvrđeno je da postoji prostor za poboljšanja zbog nemogućnosti potpunog prilagođavanja svakom tipu korisnika. Pravilna ergonomske simbioza vježbača i sprave posebno je važna pri vježbanju sa značajnijim opterećenjem. Analizom korištenja sprave i potreba korisnika su se pokušali obuhvatiti svi tipovi korisnika kako bi se dobio širok uvid u potrebna poboljšanja. Kao podloga za to poslužila je stručna literature te izuzetno pristupačno osoblje i korisnici teretane. Rezultati analize poprilično su zabrinjavajući. Većina vježbača koristi spravu u ergonomske pogrešnom položaju što uz već postojeće nesavršenosti sprave dodatno povećava rizik od ozljede. Na temelju tih saznanja dani su savjeti kako pravilno ergonomske prilagoditi spravu vlastitim antropometrijskim značajkama te samim time reducirati rizik od ozljeda. Unatoč pogrešnom korištenju sprave od strane ispitanika, većina interjua značajno je ukazala na kritične nedostatke sprave te samim time ukazala na potrebna poboljšanja. Najznačajnija poboljšanja su uvođenje sigurnosnog pojasa, ograničenje hoda poluge i dizajniranje naslona koji prati fizionomiju kralježnice. Ovim poboljšanjima direktno se utječe na smanjenje rizika od ozljede čak i kod nepravilnog korištenja sprave. Sigurnosni pojas spriječit će pomicanje zdjelice i donjeg dijela leđa, dok će redizajnirani naslon pružiti savršenu potporu leđima. Ograničenje hoda poluge spriječit će mogućnost dovođenja potkoljenice i natkoljenice u nepovoljan položaj te samim time smanjiti opterećenje koljena. Nešto manje bitno poboljšanje je potpuno izjednačiti aktivaciju jedne noge u odnosu na drugu. Kod manjih opterećenja razlike u aktivaciji gotovo da i nema jer pri tome je fleksijska krutost mehanizma valjka

zadovoljavajuća. Međutim, ova modifikacija će zasigurno koristiti naprednim vježbačima pri razvijanju simetričnih mišića kvadricepsa. Ostala poboljšanja koja nisu navedena u zaključku ne utječu direktno na savršen ergonomski sklad, no zasigurno će produžiti vijek trajanja sprave i povećati zadovoljstvo korisnika.



## Literatura

- [1.] Snježana Kirin, *Uvod u ergonomiju*, Karlovac, 2019.
- [2.] *For weight training, is it better to use free weights or machine weights?*,  
<https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/fitness/expert-answers/weight-training/faq-20058479> (pristupljeno 15.12.2020.)
- [3.] *Free Weights Vs Resistance Machines - Which Is Better For You?*,  
<https://www.sundried.com/blogs/training/free-weights-vs-resistance-machines> (pristupljeno 15.12.2020.)
- [4.] *An introduction to commonly used gym machines*,  
<https://www.plusfitness.co.nz/blog/introduction-commonly-used-gym-machines/>  
(pristupljeno 15.12.2020.)
- [5.] *What The Weights Machines In Your Gym Do*,  
<https://www.coachmag.co.uk/gym-equipment/8136/what-the-weights-machines-in-your-gym-do> (pristupljeno 18.12.2020.)
- [6.] *DHZ Fitness EVOST II - Smith Machine*,  
<https://budopunkt.eu/en/physical-culture/dhz-fitness-evost-ii-smith-machine-dhz-a3063>  
(pristupljeno 18.12.2020.)
- [7.] *Standing Calf Raise Machine: The Number One Lower Leg Builder*,  
<https://www.burnthefatinnercircle.com/members/login.cfm?hpage=Standing-Calf-Raise-Machine.cfm> (pristupljeno 21.12.2020.)
- [8.] *Leg Extensions*,  
<https://doctoryessis.com/2013/01/01/leg-extensions/> (pristupljeno 21.12.2020.)
- [9.] *Quads (Quadriceps Femoris)*,  
<https://www.bodyjunction.co.uk/2016/08/17/what-are-the-quads-quadriceps-femoris/>  
(pristupljeno 23.12.2020.)
- [10.] *Vindicating the Leg Extension: How To Build Great Quads Safely With This Bodybuilder's Favorite*,  
<https://www.burnthefatinnercircle.com/public/Leg-Extension.cfm> (pristupljeno 23.12.2020.)
- [11.] *BFT5013 Plate loaded Leg Extension Machine*,  
[https://www.bftfitnessfactory.com/Plate\\_Loaded/Leg-Extension-Machine2.html](https://www.bftfitnessfactory.com/Plate_Loaded/Leg-Extension-Machine2.html)  
(pristupljeno 23.12.2020.)

- [12.] *Leg extension MDC-1005*,  
<https://musclefitness.com/leg-extension/> (pristupljeno 23.12.2020.)
- [13.] *Insignia Series Leg Extension*,  
<https://www.lifefitness.co.uk/en-gb/catalog/strength-training/selectorized/life-fitness/insignia-series-leg-extension> (pristupljeno 27.12.2020.)
- [14.] *Sigurnosne procedure*,  
<https://www.aviokarta.net/sigurnosne-procedure/> (pristupljeno 4.1.2021.)
- [15.] *Wire rope forensics*,  
[https://www.researchgate.net/figure/In-this-six-strand-rope-twist-has-loosened-the-two-outer-layers-of-wires-in-the-outer\\_fig60\\_265196856](https://www.researchgate.net/figure/In-this-six-strand-rope-twist-has-loosened-the-two-outer-layers-of-wires-in-the-outer_fig60_265196856) (pristupljeno 5.1. 2021.)
- [16.] *Nepravilno držanje i skolioza*,  
<https://www.zzjzdnz.hr/hr/zdravlje/zdravlje-djece-i-mladih/1308> (pristupljeno 5.1.2021.)
- [17.] *The Ergonomic German Desk Chair*,  
<https://www.hammacher.com/product/german-engineered-desk-chair> (pristupljeno 8.1.2021.)