

# Analiza kretnji gornjeg dijela tijela pri rotaciji oko vertikalne osi kao podloga za konstrukciju trenažera trupa

---

Kišić, David

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:176367>

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

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

# **DIPLOMSKI RAD**

**David Kišić**

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor :

Prof. dr. sc. Aleksandar Sušić, dipl. Ing.

Student:

David Kišić

Zagreb, 2016.

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

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Aleksandru Sušiću na stručnom vođenju kroz rad, te na nizu korisnih informacija i savjeta zahvaljujući kojima sam kvalitetnije izradio ovaj rad, te uvelike oplemenio svoje znanje.

Zahvaljujem se svima koji su sudjelovali u intervjuima, ispunjavanju korisničkih anketa, te prijateljima i obitelji na pomoći tijekom izrade rada. Zahvaljujem se svojoj obitelji na podršci kroz sve godine studija.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

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

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **David Kišić**

Mat. br.: **0035171752**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza kretnji gornjeg dijela tijela pri rotaciji oko vertikalne osi kao podloga za konstrukciju trenažera trupa**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of the upper body movement in vertical axis rotation as the basis for the trunk trainer design**

Opis zadatka:

U novije vrijeme se u kineziološkoj praksi te programima vježbanja nalaze vježbe koje potiču sinergiju, umjesto dosada većinom prisutne izolacije mišićnih aktivnosti vježbača. S tim se ciljem na tržištu mogu pronaći razna pomagala koja omogućavaju složeno vježbanje, međutim, neke su kretnje još uvijek slabo zastupljene, iako je njihov značaj izniman. Takva grupa kretnji je pokretanje trupa u raznim smjerovima, od kojih je primarni rotacija trupa oko vertikalne osi, kao kretnja prisutna u velikom broju sportova.

U okviru ovog rada je potrebno pristupiti analizi opisanih kretnji trupa odnosno čitavog sustava pokreta kako bi bilo moguće utvrditi one značajke i zahtjeve kojima bi trenažer takve namjene trebao udovoljiti. Na osnovi značajki i zahtjeva izlučenih i prepoznatih kao neophodni, moguće je provesti metodičku razradu i predložiti konceptualna rješenja, odnosno konačno konstrukcijsko rješenje. Prednost ovakvih pomagala-naprava bi se očitovala u mogućnosti vježbanja izrazito zahtjevnih i napornih pokreta koji uključuju rotaciju trupa, a koji značajno podižu spremnost sportaša za vrhunske rezultate.

U radu je potrebno:

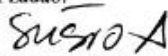
- Provesti analizu tržišta te utvrditi značajke rješenja slične namjene;
- Utvrditi zahtjeve potencijalnih korisnika naprave ove namjene;
- Prikazati kretnje koje bi trenažer trebao omogućiti;
- Izvršiti biomehaničku analizu željenih kretnji trupa pri rotaciji oko vertikalne osi;
- Definirati konstrukcijske zahtjeve, ograničenja i željene značajke trenažera;
- U obzir uzeti antropometrijske i druge važne osobitosti vježbača.

Opseg analize, neophodnog modeliranja i izrade prateće dokumentacije dogovoriti tijekom izrade rada. Svu dokumentaciju izraditi pomoću računala. U radu navesti korištenu literaturu, kao i eventualnu pomoć.

Zadatak zadan:

5. svibnja 2016.

Zadatak zadao:

  
Izv.prof.dr.sc. Aleksandar Sušić

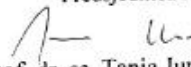
Rok predaje rada:

7. srpnja 2016.

Predviđeni datumi obrane:

13., 14. i 15. srpnja 2016.

Predsjednica Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

**SADRŽAJ**

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA.....	II
POPIS DIJAGRAMA.....	IV
POPIS GRAFOVA .....	IV
POPIS TABLICA.....	IV
SAŽETAK .....	V
SUMMARY .....	VI
1. UVOD .....	1
1.1 Ciljana skupina sportova .....	2
1.1.1 Bejzbol .....	2
1.1.2 Golf.....	3
1.1.3 Tenis.....	4
1.1.4 Boks.....	5
2. ANALIZA TRŽIŠTA I ZNAČAJKE RJEŠENJA SLIČNE NAMJENE .....	6
2.1 Patent US 6786855 B2 (Hip rotation training device) .....	6
2.2 Patent US 20110212797 A1 (Apparatus for swing training) .....	7
2.3 Patent US 20100216602 A1 (Trunk rotation) .....	9
2.4 Patent US 5688212 A (Rota-flex freestanding rotational and relative displacement training apparatus).....	11
2.5 Patent US 20110021329 A1 (Body attached sports training device) .....	12
3. ZAHTJEVI CILJANE SKUPINE KORISNIKA .....	14
3.1 Razgovor sa članovima teniskog kluba “Jasterb“ iz Jastrebarskog.....	14
3.2 Razgovor sa članovima kickboxing kluba “Jasterb“ iz Jastrebarskog .....	15
3.3 Anketa.....	16
4. CILJANI OPIS KRETNJI OPTIMALNOG VJEŽBANJA .....	18
4.1 Opis kretnji u tenisu.....	19
4.2 Opis kretnji u bejzbolu .....	22
4.3 Opis kretnji u golfu.....	24
4.4 Opis kretnji u boksu.....	27
4.5 Definiranje kretnji koje trener mora omogućiti .....	27
5. BIOMEHANIČKA ANALIZA.....	31
5.1 Inicijalna faza analize .....	31
5.1.1 Vježbač 1.....	33

5.1.2	Vježbač 2.....	35
5.1.3	Vježbač 3.....	37
5.1.4	Vježbač 4.....	39
5.1.5	Vježbač 5.....	41
5.1.6	Vježbač 6.....	43
5.1.7	Vježbač 7.....	45
5.1.8	Zaključak inicijalne faze biomehaničke analize.....	47
5.2	Analiza korigiranih kretnji.....	49
5.2.1	Vježbač 1.....	50
5.2.2	Vježbač 2.....	51
5.2.3	Vježbač 3.....	52
5.2.4	Rezultati i zaključak analize korigiranih kretnji .....	53
5.3	Ukupni zaključak nakon provedenih analiza.....	54
6.	KONSTRUKCIJSKI ZAHTJEVI, OGRANIČENJA I ŽELJENE ZNAČAJKE TRENAŽERA .....	55
6.1	Tehnički upitnik za definiranje cilja razvoja proizvoda .....	55
6.2	Definicija cilja za razvoj proizvoda.....	57
6.3	Smjernice daljnjeg razvoja .....	58
6.4	Modeliranje funkcija pomoću toka.....	59
7.	ZAKLJUČAK .....	60
8.	LITERATURA.....	61

## SLIKE

Slika 1.	Udarač u bejzbolu. [1].....	2
Slika 2.	redoslijed izvođenja pokreta pri udarcu u golfu. [2] .....	3
Slika 3.	Izvođenje udarca kod tenisa (forehand). [3] .....	4
Slika 4.	Jedan od udaraca u boksu. [4].....	5
Slika 5.	Hip rotation training device. [5].....	6
Slika 6.	a) postolje i nosač. b) podloga za stopalo. [6].....	7
Slika 7.	a) jedan od položaja vježbača u odnosu na trenažer, b) spoj nosača i elastične trake, c) elastična traka i remen. [7] .....	8
Slika 8.	Izometrijski prikaz trenažera za rotaciju trupa. [8] .....	9
Slika 9.	Vrste pokreta koje trenažer omogućava. [9] .....	9
Slika 10.	a) sklop za rotaciju tijela, b) Rota – flex trenažer. [10].....	11
Slika 11.	a) body attached sports training device, b) sustav remenja. [11] .....	12
Slika 12.	Teniski udarac-pozicija A1. ....	19
Slika 13.	Teniski udarac-pozicija A2. ....	19
Slika 14.	Teniski udarac-pozicija A3. ....	20

Slika 15.	Teniski udarac-pozicija A4. ....	20
Slika 16.	Teniski udarac-pozicija B1. ....	21
Slika 17.	Teniski udarac-pozicija B2. ....	21
Slika 18.	Teniski udarac-pozicija B3. ....	22
Slika 19.	Bejzbol udarac-pozicija B1. ....	22
Slika 20.	Bejzbol udarac-pozicija B2. ....	23
Slika 21.	Bejzbol udarac-pozicija B3. ....	23
Slika 22.	Bejzbol udarac-pozicija B4. ....	24
Slika 23.	Golf udarac-pozicije A1, A2 i A3. ....	25
Slika 24.	Golf udarac-pozicije B1, B2 i B3. ....	25
Slika 25.	Golf udarac-pozicije B4, B5 i B6. ....	26
Slika 26.	Golf udarac-pozicije B7, B8 i B9. ....	26
Slika 27.	Udarac u boksu- pozicija A1, A2, B1 i B2. ....	27
Slika 28.	Ključne točke na tijelu. ....	28
Slika 29.	Prikaz kretnji koje trener mora omogućiti-pogled srijeda. ....	29
Slika 30.	Prikaz kretnji koje trener mora omogućiti-pogled s desna. ....	29
Slika 31.	Prikaz kretnji koje trener mora omogućiti-pogled s lijeva. ....	30
Slika 32.	Prikaz kretnji koje trener mora omogućiti-pogled straga. ....	30
Slika 33.	Prikaz kretnji koje trener mora omogućiti-pogled odozgo. ....	30
Slika 34.	Elementi promatranja u Kinovea softveru. ....	32
Slika 35.	Vježbač 1-kretnje. ....	33
Slika 36.	Vježbač 1-Kinovea. ....	33
Slika 37.	Vježbač 2 – kretnje. ....	35
Slika 38.	Vježbač 2 – Kinovea. ....	35
Slika 39.	Vježbač 3 - kretnje. ....	37
Slika 40.	Vježbač 3 - Kinovea. ....	37
Slika 41.	Vježbač 4 - kretnje. ....	39
Slika 42.	Vježbač 4 - Kinovea. ....	39
Slika 43.	Vježbač 5 - kretnje. ....	41
Slika 44.	Vježbač 5 - Kinovea. ....	41
Slika 45.	Vježbač 6 - kretnje. ....	43
Slika 46.	Vježbač 6 - Kinovea. ....	43
Slika 47.	Vježbač 7 - kretnje. ....	45
Slika 48.	Vježbač 7 - Kinovea. ....	45
Slika 49.	Osi rotacije. ....	47
Slika 50.	Krivulje kretnji za obje strane tijela. ....	48
Slika 51.	Razmak između šaka i kut između nogu. ....	49
Slika 52.	Udaljenost središta šake od prsa. ....	49
Slika 53.	Kut zakreta prilikom kretnji. ....	50
Slika 54.	Vježbač 1-a) početni i krajnji položaj, b) krivulje, c) Kinovea. ....	50
Slika 55.	Vježbač 2-a) početni i krajnji položaj, b) krivulje, c) Kinovea. ....	51
Slika 56.	Vježbač 3-a) početni i krajnji položaj, b) krivulje, c) Kinovea. ....	52
Slika 57.	Funkcijska struktura trenera. ....	59



**DIJAGRAMI**

Dijagram 1. Prikaz odgovora na prvo pitanje. ....	16
Dijagram 2. Prikaz odgovora na drugo pitanje. ....	16
Dijagram 3. Prikaz odgovora na treće pitanje. ....	17

**GRAFOVI**

Graf 1. Vježbač 1-krivulje.....	34
Graf 2. Vježbač 2 - krivulje.....	36
Graf 3. Vježbač 3 - krivulje.....	38
Graf 4. Vježbač 4 - krivulje.....	40
Graf 5. Vježbač 5 - krivulje.....	42
Graf 6. Vježbač 6 - krivulje.....	44
Graf 7. Vježbač 7 - krivulje.....	46

**TABLICE**

Tablica 1. Visine vježbača. ....	32
Tablica 2. Vježbač 1. ....	34
Tablica 3. Vježbač 2. ....	36
Tablica 4. Vježbač 3. ....	38
Tablica 5. Vježbač 4. ....	40
Tablica 6. Vježbač 5. ....	42
Tablica 7. Vježbač 6. ....	44
Tablica 8. Vježbač 7. ....	46
Tablica 9. Ukupni rezultati. ....	47
Tablica 10. Ukupni rezultati - ponovljeni. ....	53

## SAŽETAK

Trenažeri gornjeg dijela tijela koji trenutno postoje na tržištu nisu adekvatni za trening tehnike, sinergije mišićnih grupa, a upitna je i njihova uloga u pravilnom razvoju mišića potrebnih za rotaciju gornjeg dijela tijela oko vertikalne osi. Problemi trenutnih trenažera rezultat su neprovedbe adekvatnih biomehaničkih analiza potrebnih kretnji koje trenažer mora omogućiti vježbaču.

Da bi omogućili ispravnu konstrukciju jednog takvog trenažera provedena je analiza tržišta iz koje se ustanovilo da ponuda na svjetskom tržištu je praktički nepostojeća. Izuzev nekoliko patenata, koji su kako je naša analiza kasnije pokazala neadekvatni, ne postoji ni jedna sprava koja bi na približno vjeran način simulirala potrebne kretnje. Provedena je gruba revizija sportova kako bi se ustanovilo koji sportovi bi imali koristi od jednog ovakvog trenažera. Između povećeg broja sportova izabrani su oni predstavnici koji će najbolje aproksimirati tražene. Na tim sportovima pomoću raznih mjerenja prilikom izvođenja kretnji, te pregledom video sadržaja ustanovljene su zajedničke karakteristike koje su potom preslikane u kretnje koje bi naš trenažer trebao omogućiti. Kada smo definirali kretnje pristupili smo biomehaničkoj analizi tih kretnji na uzorku od više vježbača različitih antropometrijskih mjera. Najprije smo kamerom snimali željene kretnje vježbača te smo nakon toga izvršili analizu pomoću softvera Kinovea. Kako bi dobili željene trajektorije pokreta dobivene podatke smo iskoristili za konstruiranje krivulja sa jasno definiranim radijusima pomoću softvera Catia V5. Na kraju je provedena usporedba mjernih rezultata. Na temelju analize potvrđena je pretpostavka o konstrukcijskoj grešci postojećih trenažera koji su pretpostavljali da se centar osi rotacije lakta prilikom izvođenja definiranih kretnji nalazi na centralnoj osi vježbača. Stvarna os rotacije lakta nalazi se pomaknuta izvan tijela vježbača i nesimetrična je za lijevu i desnu stranu tijela, štoviše centralna os vježbača nije fiksna za vrijeme izvođenja pokreta nego se kreće po nekoj krivulji koja također ima središte izvan tijela vježbača.

Na temelju ovih saznanja dali smo slijedeće prijedloge za konstrukciju trenažera: doziranje sile mora biti precizno, treba postojati mogućnost regulacije amplitude pokreta, uređaj mora imati sigurnosni mehanizam i prilagodljivost za vježbanje obje strane tijela, naletna površina sustava za prijenos opterećenja mora pratiti trajektoriju točke tijela koja se naslanja na naletnu površinu, centar rotacije sustava za prijenos opterećenja mora biti podudaran sa trenutnim centrom rotacije tijela.

## **SUMMARY**

Trainers of upper body that currently exist in the market are not adequate for training techniques, synergic of muscle groups, and questionable is their role in the proper development of muscle needed to rotate the upper body around a vertical axis. Problems of current trainers are the result of the failure to implement adequate biomechanical analysis of necessary movements that trainer must allow.

In order to enable proper construction of such simulator, an analysis of the market is conducted, from which is determined that offer on market is practically non-existent. Except for several patents, which are as our analysis later proved inadequate, there is no simulator that can faithfully simulate the necessary movements. We conducted a rough audit of sports to determine which sports would benefit from one such trainer. Between sizeable number of sports we have elected representatives of those who will best approximate the requested movements. For those sports using various measurements during the execution of movement, and review of video contents we have drawn common features that are then mapped to movements that our trainer should allow. When movements were defined we started biomechanical analysis of these movements on a sample of more trainees of different anthropometric measures. First we use camera to record the desired movement of trainees and then perform analysis using software Kinovea. In order to get the desired trajectory of motion, obtained data were used to construct curves with clearly defined radii using the software Catia V5. At the end are given conducted comparison of measurement results. Based on the analysis, we confirmed the assumption of the design faults of the existing trainers which predict that center of the axis of rotation of the elbow during the execution of a defined movement is the same as the central axis of the trainees. The real axis of rotation of the elbow is moved out of the trainees body and skewed to the left or right side of the body, even the central axis of the trainees is not fixed during the execution of movement, but is moving along a curve, which also has a center outside the trainees body.

Based on these findings, we gave the following suggestions for construction of simulator: dosing of force must be precise, it should be possible to control the amplitude of the movement, the device must have a safety mechanism and flexibility to exercise both sides of the body, system for load transfer must follow the trajectory of the body (elbow).

## **1. UVOD**

Kod mnogih sportova potrebna je sinergija rada različitih mišićnih grupa, pa se stoga javlja potreba za konstrukcijom trenažera koji bi istodobno razvijao sve mišiće potrebne za izvođenje određenog pokreta, ovisno o sportu. U današnje vrijeme više nego ikad prije sportašima je potrebna svaka i najmanja pomoć da bi ostvarili prednost pred konkurencijom. Profesionalni sportaši često svjesno riskiraju ozljede kako bi ostvarili tu prednost, stoga je naša zadaća pomoći im da nužan napredak ne prati povećanje rizika od ozljede. Rotacija trupa vrlo je bitna u mnogim sportovima, bilo da bacamo lopticu, disk, koplje, bavimo se borilačkim sportovima, tenisom, golfom, čak i plivanjem. Svi ti sportovi koriste rotaciju kuka kako bi generirali snagu. Trenažeri koje trenutno postoje na tržištu u velikoj većini slučajeva baziraju se na izolacijskom vježbanju pojedinih mišića, a zanemaruju kinematički lanac povezanih mišićnih grupa koji nam omogućuju izvođenje različitih koordiniranih pokreta. Upravo to i je mana postojećih trenažera, jer dok nam pomažu razviti pojedini mišić, negativno djeluju na sinergiju pokreta i međudjelovanje različitih mišića, zbog čega dolazi do nazadovanja u tehnici izvođenja određenog pokreta, a samim time i cjelokupne koordinacije vježbača.

## 1.1 Ciljana skupina sportova

Da bi analiza bila provedena na ispravan način, te da bi dobili konkretne i točne podatke pomoću kojih bi se u budućnosti trener mogao konstruirati analizirati smo kretnje u dolje navedenim sportovima. Sportovi kao što su golf, tenis, boks ili bejzbol objedinjuju sve one pokrete koje mi želimo da naš trener omogući svojim korisnicima. Zbog toga detaljno proučavanje navedenih sportova omogućit će nam izvrsnu polaznu točku za determiniranje kretnji koje navedeni trener treba omogućiti. Analiza sportova te kretnji u njima pomoći će nam u prepoznavanju zajedničkih čimbenika pokreta i eventualno pojednostavniti mehanizam prijenosa opterećenja samog trenera.

### 1.1.1 Bejzbol

Bejzbol (od engleskog naziva baseball, što dolazi od riječi base što znači baza i riječi ball što znači lopta) je momčadski sport u kojem se loptica udara palicom. Osnovni cilj igre momčadi u napadu je udariti bačenu lopticu na način da prije nego li protivnička obrana lopticu uhvati igrač napada 'osvoje' neku od četiri označene baze. Postoji i podvarijanta bejzbola koja se igra na manjem terenu i s nešto većom loptom koja se naziva softbol, a primjerenija je natjecanjima žena i mlađih dobnih kategorija.



Slika 1. Udarac u bejzbolu. [1]

Prije izvođenja udarca udarac stoji bočno u odnosu na smjer dolaska loptice sa lagano savinutim koljenima, te palicu drži sa obje šake, dok su ruke lagano savinute u laktovima. U trenutku bacanja loptice, tj. neposredno prije udarca udarac počinje sa prebacivanjem težine sa stajne noge na prednju, te započinje sa rotacijom tijela koja mu služi za akumuliranje energije potrebne za udarac. Rotaciju tijela prate ruke koje se pri rotaciji u potpunosti izravnavaju kako bi se povećao moment akumulirane sile.

Idealno je da u trenutku kada tijelo generira najveću silu, tj. u trenutku rotacije gornjeg dijela tijela kada su ruke potpuno poravnate sa palicom dođe do udaranja loptice. Pravilno izvedenim udarcem loptica se može katapultirati brzinom do 200 km/h. Iako je fizička snaga bitan faktor za postizanje ovakve brzine ona nije ključna. Ključna je tehnika izvođenja, pa tako i fizički slabiji udarač sa besprijekornom tehnikom može postići zavidne rezultate.

### 1.1.2 Golf

Golf je igra u kojoj su suprotstavljeni igrač i golf igralište. Svaki igrač ima lopticu i komplet palica i bit je u tome da se loptica udarena palicom odvede od početnog područja *Tee* do rupe *Hole* i to sa što manjim brojem udaraca.

Svaki udarac bio uspješan ili ne računa se u rezultat, a ako se dogodi povreda određenog pravila igre onda se dodaju i kazneni bodovi odnosno udarci.

U igri se igrači susreću s raznim fizičkim preprekama na terenu, jednako kao i s onim psihičke naravi. Golf je igra koja zahtijeva preciznost, strpljenje, smirenost i strategijsko razmišljanje.

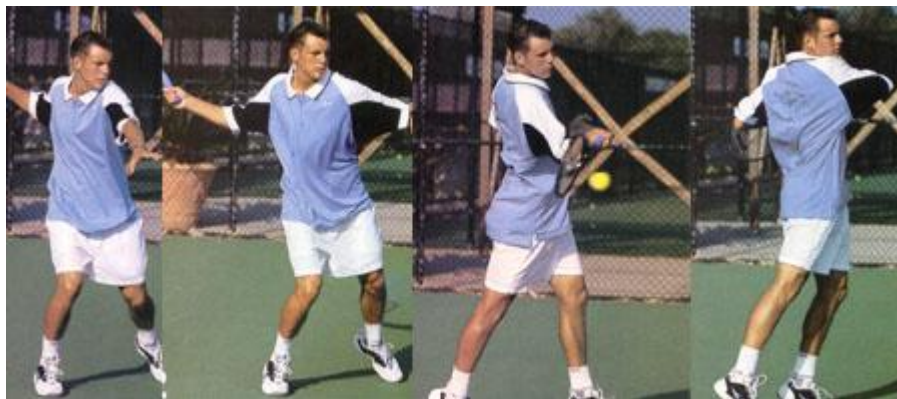


**Slika 2. redosljed izvođenja pokreta pri udarcu u golfu. [2]**

Pri zauzimanju stava za izvođenje udarca u golfu tijelo mora biti u ravnoteži. Težište tijela se treba nalaziti između nogu koje su lagano razmaknute i savinute u koljenima, pri čemu ako ste dešnjak desno koljeno mora biti neznatno jače savijeno. Prilikom izvođenja udarca palica koja se u početnom trenutku nalazi u neutralnom položaju ispred tijela podiže se iznad glave i zakreće u stranu pored glave. Iz tog položaja kreće rotacija tijela i ruku kako bi se postigla maksimalna sila udara na lopticu. Rotacija je slična kao i kod bejzbola, te nakon udara loptice tijelo se nastavlja kretati, tj. rotirati u odnosu na donje ekstremitete do krajnje lijevog položaja. Ovaj postupak je prikazan na prethodnoj slici (Slika 2.). Bitno je napomenuti važnost pravilne tehnike izvođenja jer tijelo za vrijeme udarca razvija priličnu kutnu brzinu koja nepravilnom tehnikom izvođenja može rezultirati ozljedama, najčešće ligamenata koljena.

### 1.1.3 Tenis

Tenis igraju po dva igrača kod pojedinačne igre, odnosno četiri igrača (po dva u jednoj momčadi) kod igre parova. Osnovni cilj igre je reketom uputiti lopticu preko mreže na stranu protivnika na takav način da je protivnik ne uspije vratiti prije nego li loptica drugi puta padne na zemlju. Pri tome loptica mora nakon što pređe mrežu prvim udarcem u tlo pogoditi protivnikov teren. Igra počinje servisom, kojeg prvi izvodi igrač određen ždrijebom ili bacanjem novčića. Servis se izvodi iza zadnje linije vlastitog polja, a lopticom se mora pogoditi dijagonalno servisno polje. Servira se naizmjenice u lijevo odnosno desno servisno polje protivnika, prema rasporedu igre. Poen se osvaja ako protivnik ne uspije vratiti lopticu koja je pala u njegov dio terena, ili ako protivnik lopticu uputi na način da prvim dodiranjem sa zemljom ne uspije pogoditi unutar označenog terena (tzv. aut).



Slika 3. Izvođenje udarca kod tenisa (forehand). [3]

Tehnika izvođenja udarca *forehand* u tenisu je vrlo slična izvođenju udarca u bejzbolu, sa tom razlikom da se reket može držati sa jednom ili obje ruke pri čemu dolazi do razlike u proizvedenoj sili. U tenisu postoji još udaraca koji zahtjevaju razvijen kinematički lanac mišića potrebnih za rotaciju gornjeg dijela tijela kao što su *servis* i *backhand*. Zajednički faktor svim udarcima je da zahtijevaju pravilnu tehniku izvođenja, te razvijene za to potrebne mišiće kako bi se maksimizirao učinak udarca i smanjio rizik od ozljede.

### 1.1.4 Boks

Boks je borilački sport u kojem se protivnici slične tjelesne težine udaraju šakama na kojima su podstavljene rukavice. Borba se odvija u ograđenom pravokutnom ringu, u 3 do 15 rundi od po tri minute borbe. Cilj borbe je protivniku uputiti što više udaraca u dijelove tijela iznad pojasa (glava, torzo) te pri tome izbjeći protivnikove udarce. Može se pobijediti nokautom (oznaka KO, od engleskog izraza knock-out), tj. kada se protivnik nakon što je bačen na tlo ne uspije ustati u tijeku deset sekundi, tehničkim nokautom (oznaka TKO), tj. kada jedan borac nema snage nastaviti borbu, ili se pak pobjednik određuje odlukom sudaca poslije dogovorenog broja rundi.



Slika 4. Jedan od udaraca u boks. [4]

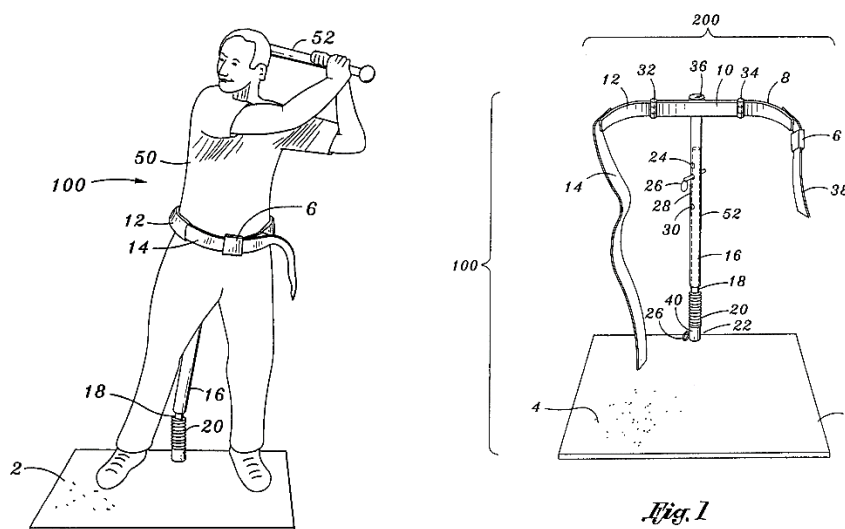
U boks u kao i u ostalim sportovima koje smo spomenuli najvažnija je sinergija tehnike i kinematičkog mišićnog lanca potrebnog za izvođenje udarca. Prilikom pravilnog izvođenja udarca iz garda koji je prikazan na prethodnoj slici (Slika 4.) boksač rotira tijelo te težište tijela prebacuje sa stražnje stajne noge na prednju i na taj način maksimizira silu udarca. Boksač pokušava fokusirati svu proizvedenu silu u jednu točku. Kako bi sila udarca bila što veća, a udarac što precizniji potrebno je ovladati boksačkim tehnikama i razviti potrebnu mišićnu masu kao i među - mišićnu koordinaciju.



## 2. ANALIZA TRŽIŠTA I ZNAČAJKE RJEŠENJA SLIČNE NAMJENE

Da bi olakšali sastavljanje liste konstrukcijskih zahtjeva koje naša sprava mora zadovoljiti provedena je analiza tržišta te je pregledana baza patenata pomoću Google Patents opcije u Google tražilici.

### 2.1 Patent US 6786855 B2 (Hip rotation training device)



Slika 5. Hip rotation training device. [5]

Osnovna svrha ovog trenažera je da nam omogući vježbu kroz koju će doći do povećanja snage i brzine rotacije samog kuka za potrebe različitih sportova.

Još jedna namjena je da omogući vježbaču da se za vrijeme rotacije naginje prema naprijed ili u stranu. Ova sprava omogućava podešavanje visine centralnog nosača kako bi vježbači različitih antropometrijskih mjera mogli prilagoditi visinu trenažera svojim potrebama.

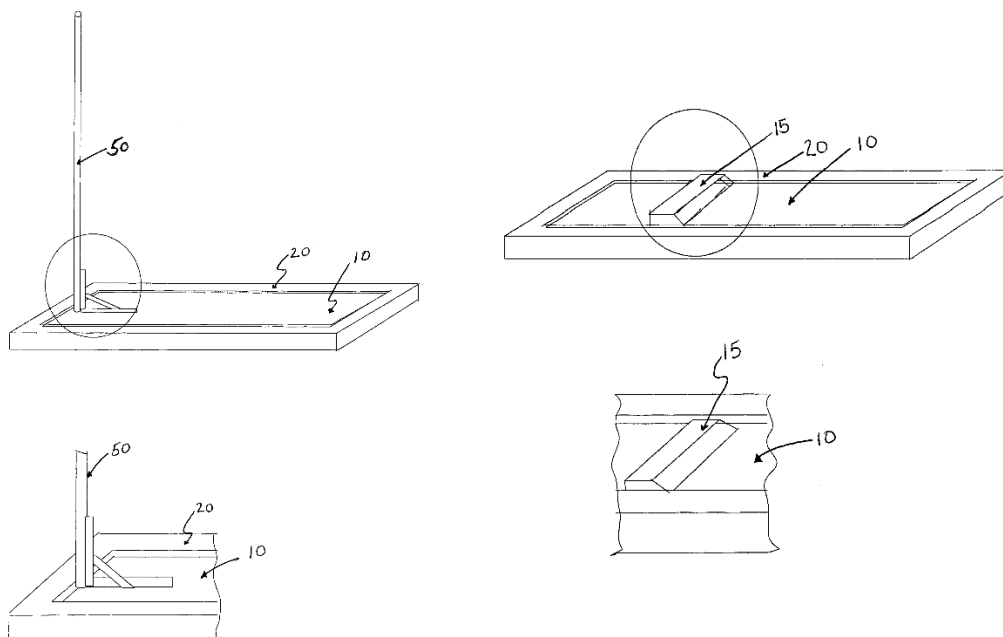
Sprava se sastoji od bazne ploče na koju je pričvršćena torzijska opruga, zatim na oprugu je montiran vertikalni nosač koji se sastoji od unutarnje i vanjske cijevi. Na obje cijevi nalaze se provrti koji nam služe za podešavanje visine umetanjem klina u željeni položaj. Povećavanje visine je inkrementalno tj. ovisno je o razmaku između provrta na cijevima nosača.

To može predstavljati problem jer nam ne dozvoljava kontinuiranu promjenu visine prihvata vježbača, pa samim time se ne može postaviti u idealan položaj za sve vježbače.

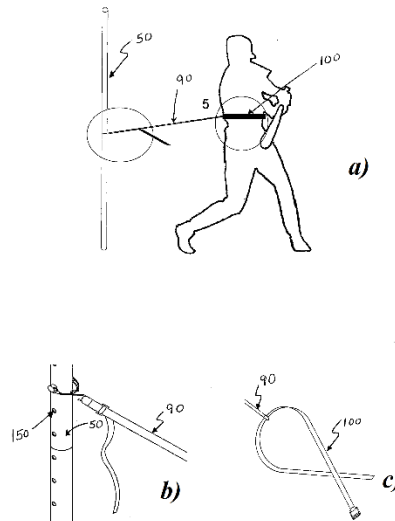
Na kraju nosača nalazi se horizontalni oslonac za kralježnicu koji ujedno služi i za pozicioniranje vježbača, tj. kao pomoć pri podešavanju visine vertikalnog nosača, te kao element za prijenos torzije sa vježbača na oprugu. Na oslonac je montirano remenje koje služi za povezivanje vježbača.

Priprema za vježbu se izvodi na način da vježbač stane na baznu ploču, zatim si podesi visinu nosača tako da mu horizontalni oslonac idealno naliže na kralježnicu u području pasa i potom se veže remenjem. Sama vježba se izvodi tako da vježbač simulira zamah, tj. rotaciju kuka pri čemu mu torzijska opruga pruža opterećenje koje treba svladati, na taj način jačaju se mišići koji sudjeluju u procesu zamaha.

## 2.2 Patent US 20110212797 A1 (Apparatus for swing training)



Slika 6. a) postolje i nosač. b) podloga za stopalo. [6]



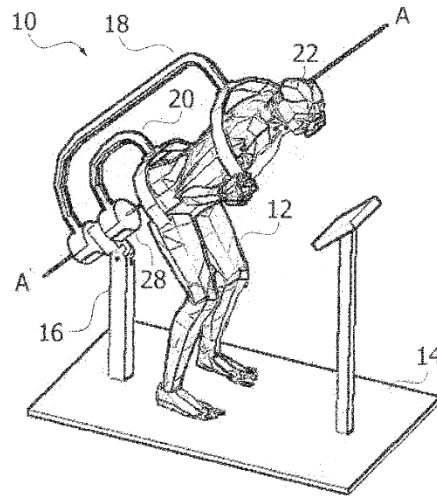
**Slika 7. a) jedan od položaja vježbača u odnosu na trenažer, b) spoj nosača i elastične trake, c) elastična traka i remen. [7]**

Ovaj trenažer se prvenstveno primjenjuje kod treninga tehnike izvođenja zamaha palicom, ali i za povećanje snage i brzine samog zamaha. Često se događa da sportaš prethodno usvoji krivu tehniku izvođenja udarca koja rezultira smanjenom snagom i brzinom udarca od one optimalne. Ova sprava ima za svrhu pomoći vježbaču u usvajanju pravilnih tehnika rotacije kuka i samog zamaha.

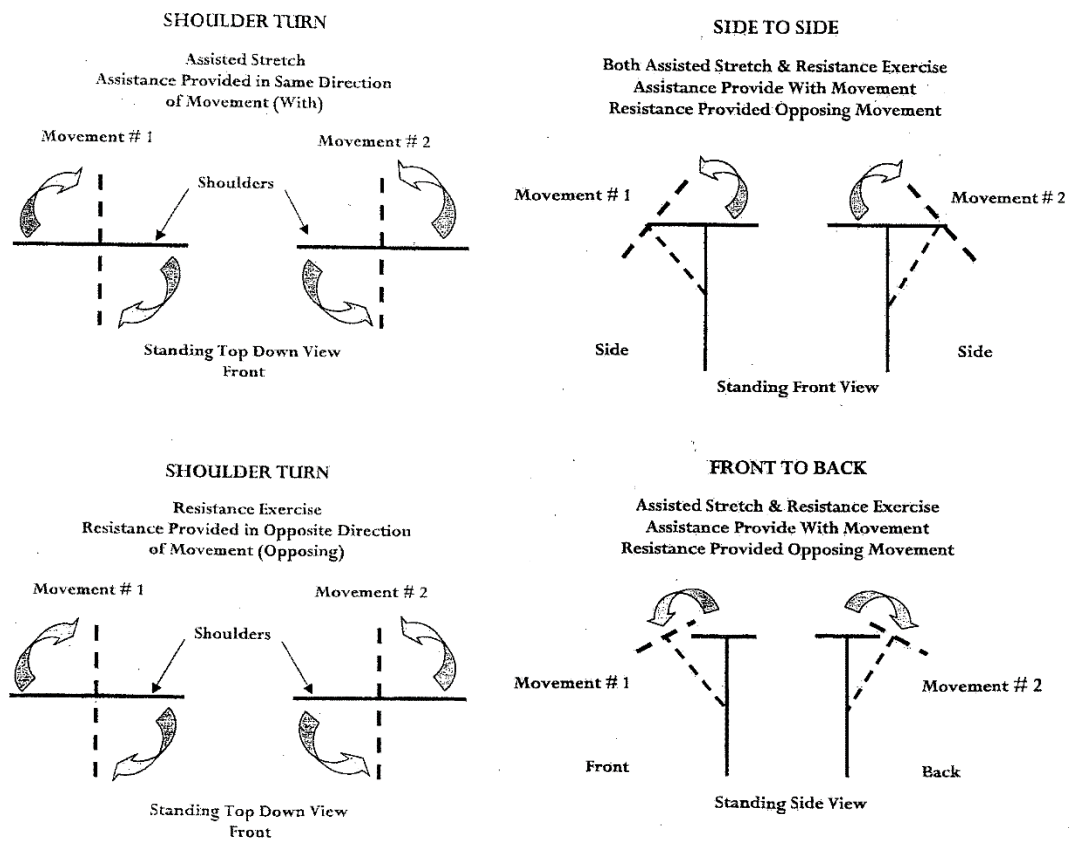
Sprava je prenosiva, a sastoji se od podloge ili baze iz koje se vertikalno uzdiže nosač, prečke koja služi kao uporište za stopalo prilikom vježbanja, a koja se može pomicati duž podloge. Nosač je moguće sklopiti radi lakšeg prenošenja [Slika 6]. Na nosaču se nalaze provrti pomoću kojih se elastični element, najčešće elastična traka može učvrstiti za potrebe vježbanja. Na drugom kraju elastične trake nalazi se remenje pomoću kojih se vježbač povezuje i koje mu služi kao veza sa spravom [Slika 7].

Priprema za vježbu se izvod tako da vježbač stane na podlogu zauzme stav u kojem želi vježbati i prema tome podesi prečku koja služi kao uporište stopalu, Nakon toga izabire se visina na koju se postavlja elastična traka, a ona ovisi o vrsti zamaha koji se želi vježbati. Na kraju se vježbač povezuje pomoću remenja. Sama vježba se izvodi tako da vježbač simulira zamah ili rotaciju pri čemu mu elastična traka pruža otpor. Na ovaj način dobili smo veći stupanj slobode kretanja nego kod prethodne sprave. Osim jačanja mišića i povećavanja brzine ova sprava ima zadaću korekcije i unapređenja tehnike izvođenja čemu služi elastična traka.

### 2.3 Patent US 20100216602 A1 (Trunk rotation)



Slika 8. Izometrijski prikaz trenažera za rotaciju trupa. [8]



Slika 9. Vrste pokreta koje trenažer omogućava. [9]

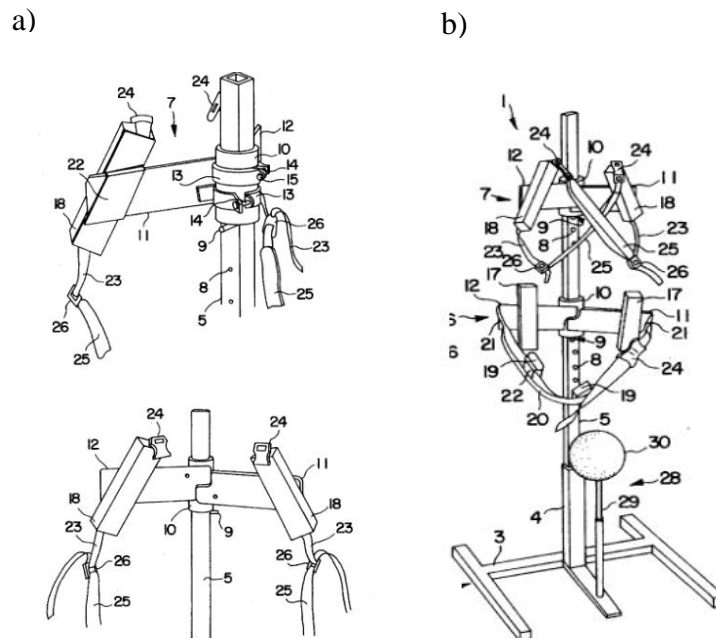
Navedeni trenažer služi za vježbanje dinamičkih pokreta ramena, kukova, koljena, leđa, te za jačanje mišića nogu i abdomena. Navedeni pokreti koje omogućuje trenažer koriste se prvenstveno u golfu, ali sprava može poslužiti i za vježbanje rotacije gornjeg dijela tijela za potrebe bilo kojeg drugog sporta, te u terapijske svrhe.

Trenažer se sastoji od metalne podloge na koju je preko nosača sa pokretnim zglobovom montirana osovina koja nosi glavni dio sprave. Glavni dio sprave se sastoji od dva dijela, abdominalnog trenažera i trenažera donjih ekstremiteta. Oba trenažera su putem nosača u obliku slova C spojeni sa osovinom koja im omogućava rotaciju. Nadalje sprava ima mogućnost da se svaki od trenažera zaključa u neutralan položaj kako bi se omogućilo što više režima vježbanja. Abdominalni trenažer koristi metalnu konstrukciju za pozicioniranje ramena, te ručice sa svake strane kao prihvatne točke za šake vježbača. Trenažer donjih ekstremiteta koristi sličnu metalnu konstrukciju za pozicioniranje zdjelice vježbača, sa jednom razlikom, dodatno koristi metalnu podlogu kao potporu sličnu stolici za sjedenje. Oba trenažera koriste servo-motore koji simuliraju otpor prilikom rotacije. Otpor je promjenjiv te se njime upravlja pomoću upravljačke jedinice smještene ispred vježbača.

Prethodno izvođenju vježbe vježbač najprije zaključa jedan od trenažera u neutralan položaj ili po potrebi omogući da oba rotiraju, nakon toga odabire se željeni nagib zglobnog nosača. Kada se odradi taj dio prelazi se na odabir željenog otpora za svaki od trenažera. Svaki od trenažera ima mogućnost podešavanja različitog otpora u dva smjera. Gledano u tlocrtu prilikom izvođenja vježbe moguće je regulirati da otpor trenažera pri pokretu u smjeru kazaljke na satu bude drugačiji od otpora pri pokretu suprotnom od smjera kazaljke na satu. Neposredno prije izvođenja vježbe vježbač se pozicionira u unaprijed pripremljen trenažer na način da najprije smjesti zdjelicu u za to predviđen prostor te nakon toga pozicionira ramena i šake pomoću za to predviđenih značajki. Vježba se izvodi rotiranjem gornjeg dijela tijela čime se stimuliraju trbušni mišići ili rotiranjem dijela trenažera predviđenog za jačanje donjih ekstremiteta tijela.

Glavna mana ovog trenažera je njegova kompleksnost te potencijalna cijena jer sadrži dijelove koji su poprilično skupi kao što su servo-motori te upravljačka jedinica.

## 2.4 Patent US 5688212 A (Rota-flex freestanding rotational and relative displacement training apparatus)



Slika 10. a) sklop za rotaciju tijela,

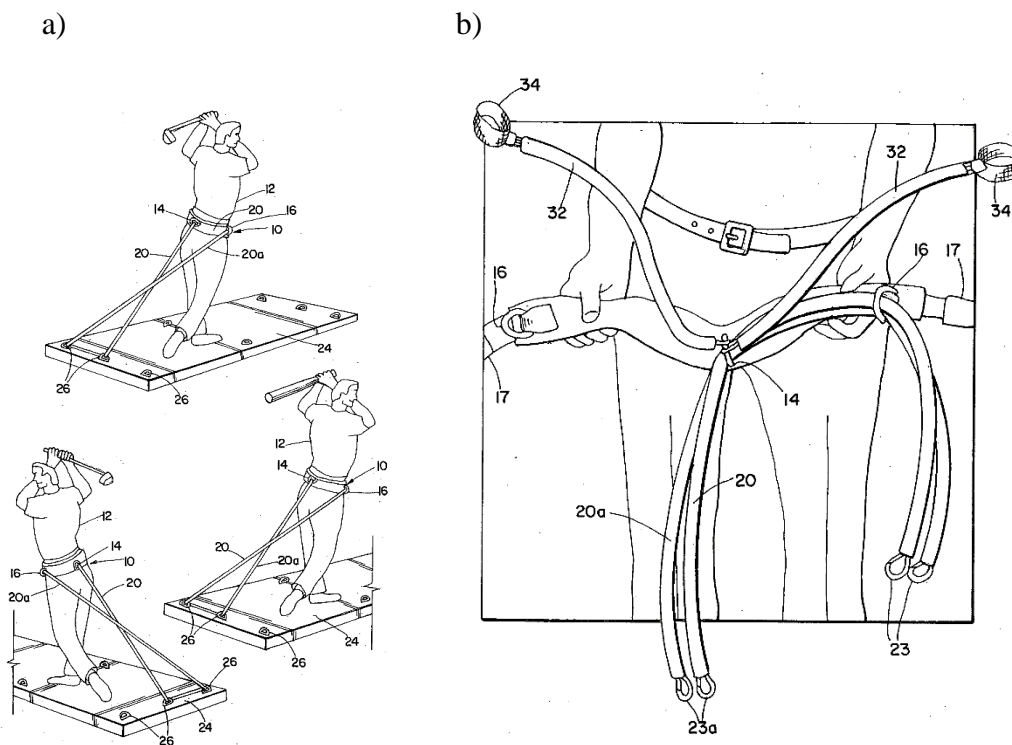
b) Rota – flex trenažer. [10]

Rota-flex je samostojeći trenažer koji se koristi za demonstraciju i vježbanje pravilne rotacije gornjeg dijela tijela za različite sportove, u odnosu na redoslijed i način izvođenja pokreta. Sportovi koji su poslužili kao inspiracija za ovaj trenažer su: golf, bejzbol, tenis i boks. Cilj ovog trenažera je pomoći vježbaču da postigne optimalnu tehniku i snagu pri izvođenju željenog udarca. Također trenažer ima mogućnost regulacije opterećenja.

Sastoji se od postolja, vertikalnog nosača, prve razine trenažera koja je vertikalno podesiva po nosaču kako bi zadovoljila različite antropo-mjere vježbača te se na njoj nalaze rotirajuće “ruke“ koje se mogu zaključati u određenoj poziciji ili omogućiti samo ograničeni raspon pokreta te služe za simulaciju otpora te kao mjesto za prihvat i pozicioniranje zdjelice vježbača. U nastavku vertikalnog nosača nalazi se druga razina trenažera, također vertikalno podesiva po nosaču. I na njoj se nalaze horizontalne rotirajuće ruke za simulaciju otpora i za pozicioniranje. Obje razine trenažera imaju remenje pomoću kojeg se vježbač poveže sa trenažerom. Ispred trenažera povezana sa postoljem nalazi se vertikalno podesiva “meta“ koja služi kao referentna točka cilja koji se želi pogoditi pri vježbanju zamaha.

Priprema za vježbu se izvodi tako da se vježbač pozicionira ispred sprave te pozicionira zdjelicu i ramena na za to predviđene pozicije. Nakon toga se poveže pomoću remenja, podesi otpor, izabere dozvoljeni raspon pokreta “ruku“ i podesi pozicija mete ovisno o pokretu koji se želi vježbati. Sama vježba se izvodi na način da vježbač pokušava izvesti željeni pokret pri čemu ga sprava ograničava unaprijed podešenim “rukama“ i razinom otpora te na taj način osigurava pravilno izvođenje pokreta uz istovremeni razvoj tehnike i snage izvođenja. Od svih do sada obrađenih trenažera ovaj ima najširu i najkonkretniju primjenu, te je najbliži po karakteristikama onome što mi tražimo od trenažera. Pošto nisam mogao naći podatke o korištenju ove sprave postoji određena sumnja u efikasnost treninga, tj. funkcionalnosti ove sprave u realnim uvjetima.

## 2.5 Patent US 20110021329 A1 (Body attached sports training device)



Slika 11. a) body attached sports training device, b) sustav remenja. [11]

Trenažer kojem je osnovna namjena unaprijeđenje tehnike te snage izvođenja udaraca kod raznih sportova kao što su : golf, tenis, bejzbol, borilački sportovi itd. Cilj je pomoću neelastične užadi, te pomoću elastičnih traka osigurati ispravno izvođenje udaraca, tj. rotacije gornjeg dijela tijela u odnosu na donje ekstremitete. Prednost ovog trenažera je u tome što je lako prenosiv, radi se samo o remenu sa sustavom elastičnih i neelastičnih elemenata, uz iznimku kada se koristi sa zajedno sa unaprijed pripremljenom podlogom koja ima pripremljene točke za fiksiranje elemenata. Kada remen koristimo samostalno bez podloge, u tom slučaju kao točke za fiksiranje elemenata mogu poslužiti prilagođene rupe na bilo kojem nepomičnom objektu.

Trenažer se sastoji od remena koji se veže oko pojasa vježbača, te od sustava elastičnih i neelastičnih elemenata (užad, trake) na čijim se krajevima nalaze kopče koje služe za povezivanje sa nepomičnim objektom. Dužina elemenata je prilagodljiva ovisno o antropometrijskim mjerama vježbača.

Priprema za vježbu se vrši na način da vježbač veže pojas oko struka te učvrsti elastične i neelastične elemente na način koji ovisi o vrsti zamaha ili udarca koji želi vježbati.

Samu vježbu vježbač izvodi simulacijom udarca pri čemu ga neelastični elementi (užad) ograničavaju u rasponu pokreta i na taj način osiguravaju pravilno izvođenje pokreta, dok elastični elementi pružaju otpor izvođenju i na taj način jačaju mišiće potrebne za izvođenje zakreta.

Ovaj trenažer nam svakako može pomoći u jačanju mišića potrebnih za rotaciju gornjeg dijela tijela pri izvođenju raznih zamaha i udaraca, ali postoji sumnja u mogućnosti korekcije same tehnike izvođenja. Ako želimo da sprava djeluje korektivno na tehniku izvođenja zamaha potrebno ju je jako precizno postaviti, tj. namjestiti dužine užadi i elastičnih traka kako bi raspon kretnji u potpunosti odgovarao stvarnoj situaciji pri pravilnom izvođenju pokreta, a za to nam je potrebna stručna osoba u tom području. U suprotnom dolazi do teško popravljive situacije u kojoj vježbač usvoji krivu tehniku koja ne samo da je sportski nedostatak nego potencijalno povećava opasnost od ozljede.



### 3. ZAHTJEVI CILJANE SKUPINE KORISNIKA

Provedeno je nekoliko intervju-a sa sportašima i sportskim trenerima kako bi se prikupili neophodni podaci, s obzirom na želje koje bi proizvod koji se razmatra trebao obuhvatiti, tj. koje funkcije bi trebao sadržavati trenažer za vježbanje rotacije gornjeg dijela tijela oko vertikalne osi. Također, provedeno je i nekoliko anketa kojima se je željelo prikupiti što više podataka o već postojećim sličnim uređajima, kao i o potrebi razvoja takovog uređaja.

#### 3.1 Razgovor sa članovima teniskog kluba "Jasterb" iz Jastrebarskog

Na temelju provedenih intervju-a zaključeno je da bi postojanje takvog trenažera uvelike olakšalo rad trenera, a samim time i ubrzalo napredovanje sportaša. Trenažer bi omogućio trenerima rad sa više sportaša odjednom na način da bi trener mogao podesiti trenažer, objasniti sportašu način korištenja i nakon toga se posvetiti drugom sportašu dok bi sportaš koji koristi trenažer mogao sam vježbati pri čemu bi trenažer vršio korektivnu funkciju koju inače provodi trener.

Sportašima je najbitnije da bi trenažer mogli koristiti sami bez prisutstva trenera i na taj način ubrzati svoj razvoj. Pri tome se podrazumijeva da je sportaš upoznat sa načinom podešavanja i korištenja trenažera. Od velike im je važnosti istovremeno vježbanje tehnike, te vježbanje sinergije mišićnih grupa potrebnih za izvođenje udaraca.

##### Primarni zahtjevi :

1. Istovremeno vježbanje tehnike, vježbanje mišića potrebnih za izvođenje pokreta, te mišićne sinergije.
2. Osiguranje od ozlijede.
3. Jednostavan za korištenje.
4. Što vjernija simulacija stvarnih pokreta
5. Prihvatljiva cijena

##### Sekundarni zahtjevi :

1. Jednostavna konstrukcija.
2. Moguća upotreba u otvorenom i zatvorenom prostoru.

### **3.2 Razgovor sa članovima kickboxing kluba “Jasterb“ iz Jastrebarskog**

Iako treneri u velikoj mjeri odobravaju čak i priželjkuju postojanje ovakve sprave koja bi korektivno djelovala na vježbače i olakšala posao stvaranja vrhunskih sportaša, nekoliko vježbača sa kojima sam razgovarao bilo je uporno u svojoj tvrdnji da im takva sprava nije potrebna jer za to im služi vreća za udaranje. Tek kada sam promijenio pristup i pitao ih koje bi još funkcije htjeli da vreća za udaranje sadrži došao sam do traženih odgovora

#### Primarni zahtjevi :

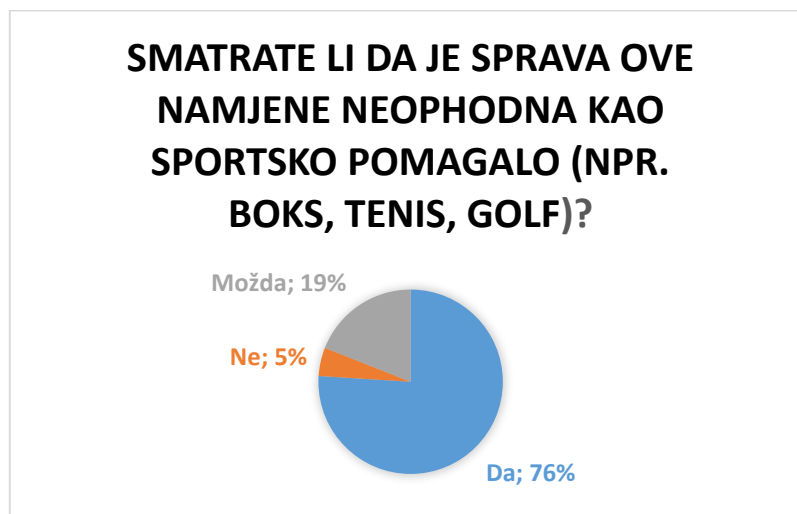
1. Korekcija tehnike.
2. Osiguranje od ozljede.
3. Mogućnost korištenja u više različitih modova.
4. Mogućnost podešavanja otpora.
5. Prilagodljiva sportašima svih uzrasta.
6. Prihvatljiva cijena.

#### Sekundarni zahtjevi :

1. Lako prenosiv.
2. Mogućnost praćenja napretka na displeju (broj ponavljanja, trenutni otpor)

### 3.3 Anketa

Na društvenoj mreži Facebook provedena je anketa koju su slobodno mogli ispuniti i sportaši ali i ljudi koji se ne bave sportom, kako bi dobili uvid u potrebe korisnika. Anketa je provedena među Facebook prijateljima na uzorku od 57 ljudi. Anketa je sadržavala kratko objašnjenje koja bi bila funkcija sprave i za što bi se koristila, a postavljeno je nekoliko kratkih pitanja koja su nam trebala približiti zahtjeve koje korisnici očekuju od takvog trenažera. Rezultati su predstavljeni niže.



**Dijagram 1. Prikaz odgovora na prvo pitanje.**

Sljedeće pitanje koje smo postavili tražilo je od ispitanika da napišu koje bi funkcije bilo poželjno da trenažer ima. Nakon interpretacije različitih odgovora smjestili smo ih u sljedeće četiri skupine.



**Dijagram 2. Prikaz odgovora na drugo pitanje.**



**Dijagram 3. Prikaz odgovora na treće pitanje.**

Nakon dodatnog kontaktiranja ispitanika koji su izjavili da su sličan trenažer već vidjeli ustanovljeno je da je u velikom postotku ustvari riječ o standardnim spravama iz teretana koje imaju namjenu jačanja pojedinih mišića a nikako povezanih grupa mišića koji su potrebni za izvođenje složenih pokreta tijela. Nekolicina ispitanika koji su odgovorili potvrdno na treće pitanje konstatirali su da se tražena namjena trenažera postiže jednostavnim elastičnim trakama, pri tome ne uzimajući u obzir sve zahtjeve koji se postavljaju ispred takvog trenažera, a prvenstveno zahtjev za korekcijom tehnike izvođenja.

Temeljem intervju i provedenih anketa formirana je lista zahtjeva koje naš trenažer mora ispuniti.

**PRIMARNI ZAHTJEVI :** istovremeno vježbanje tehnike, mišićne snage i mišićne sinergije, osiguravanje od ozlijede, jednostavnost korištenja, mogućnost podešavanja opterećenja, vjerodostojna simulacija stvarnih pokreta u sportu, prilagodljivost različitim antropometrijskim mjerama vježbača.

**SEKUNDARNI ZAHTJEVI :** cijena, lako prenosiv, više modova rada, mogućnost praćenja napretka, jednostavna konstrukcija, korištenje u otvorenom i zatvorenom prostoru.

#### 4. CILJANI OPIS KRETNJI OPTIMALNOG VJEŽBANJA

Da bi ustanovili neophodne kretnje koje trener mora omogućiti provedena je analiza pokreta u nekoliko različitih sportova kod kojih bi se trener koristio kao pomagalo. Analiza je provedena pregledom različitih video snimaka koje su sadržavale pokrete slične onima koje bi naš trener trebao imati. Analiza pokreta u različitim sportovima provedena je sa svrhom kako bi se ustanovio najjednostavniji i tehnički najlakše izvedivi mehanizam prijenosa opterećenja trenera. Prednost prepoznavanja zajedničkih značajki različitih pokreta koji sadržavaju elemente rotacije gornjeg dijela tijela oko vertikalne osi je goleme jer nam omogućava minimiziranje složenosti mehanizma samog trenera, a time omogućuju jednostavniju upotrebu, nižu cijenu, jeftinije i jednostavnije servisiranje, kraće vrijeme razvoja samog trenera i širu primjenu. Sportovi u kojima je provedena analiza pokreta su: bejzbol, tenis, golf, boks. Iako je analiza provedena na samo ova četiri sporta upotreba trenera trebala bi biti puno šira jer mnogi sportovi koriste iste elemente rotacije tijela kao i navedeni sportovi, npr. (rukomet, plivanje, ragbi, bacanje diska, bacanje koplja, itd.). Analiza je provedena pomoću Kinovea besplatnog softvera za analizu pokreta. Analizirani su razni video uradci pronađeni na internetu kako bi se zaključile značajke rotacije gornjeg dijela tijela oko vertikalne osi pri pokretu koji tu rotaciju sadrži. Dobiveni rezultati će nam poslužiti kao temeljne informacije za određivanje vrste pokreta koje trener mora omogućiti. Analize za svaki sport smo proveli iz više različitih ravnina gledanja, te su rezultati doneseni na temelju njih, a u radu ću prezentirati za svaki sport analizu samo jedne ravnine pogleda kako ne bih bio nepotrebno preopsežan. Pozicije koje su na slikama označene sa A odnose se na smjer rotacije suprotan smjeru rotacije samog udarca, tj. služe kao priprema tijela za izvođenje samog udarca. Pozicije označene sa B prikazuju rotaciju u smjeru udarca.

#### 4.1 Opis kretnji u tenisu

Teniski udarac smo rastavili na niz faza koje definiraju ključne momente udarca [14]. Nama najzanimljivija je rotacija kukova, ramena i stopala pri udarcu tako da je najveća pažnja usmjerena na taj dio. Analizirali smo pozicije tijela u svakoj fazi, te izvukli zaključke na temelju viđenog. Nama bitne točke smo označili sa 1., 2. i 3. te se oznake uvijek nalaze kraj trenutne točke, tj. kraj točke na koju se referira slika.



Na poziciji A1 obilježili smo točke na tijelu o odnosu na koje ćemo promatrati rotaciju tijela oko vertikalne osi. U ovoj početnoj poziciji vidimo stav tenisača prije samog udarca, tj. Sami početak zamaha. Noge su lagano savijene u koljenima i tenisač započinje rotaciju u smjeru kazaljke na satu, tj. suprotno od smjera dolaska loptice.

**Slika 12. Teniski udarac-pozicija A1.**



Na poziciji A2 vidimo relativni pomak točke 2. u odnosu na poziciju A1. Primjećujemo da dolazi do rotacije ramena tenisača, dok točka 1. u odnosu na poziciju A1 relativno miruje. Zaključujemo da rotacija gornjeg dijela tijela započinje od ramena koje započinje rotirati oko vertikalne osi prije kukova.

**Slika 13. Teniski udarac-pozicija A2.**



**Slika 14. Teniski udarac-pozicija A3.**

Na poziciji A3 primjećujemo nastavak rotacije ramena (točka 2.) u smjeru kazaljke na satu, te primjetnu rotaciju kukova (točka 1.). Na temelju toga zaključujemo da nakon početne samostalne rotacije ramena, tj. gornjeg dijela trupa u nastavku pokreta dolazi do rotacije kukova također u smjeru kazaljke na satu.



**Slika 15. Teniski udarac-pozicija A4.**

Na poziciji A4 vidimo nastavak rotacije ramena (točka 2.) i kukova (točka 1.) tenisača. To je ujedno i krajnji položaj rotacije tijela u smjeru kazaljke na satu prije nego što započne rotaciju suprotno od kazaljke na satu, tj. u smjeru dolaska loptice.



**Slika 16. Teniski udarac-pozicija B1.**

Na poziciji B1 vidimo početak “ulaska u udarac“, tj. početak rotacije u smjeru suprotnom od kazaljke na satu. Ovo je ključan dio poteza kojeg naš trener mora što vjernije simulirati. U ovom trenutku uvodimo još jednu točku razmatranja (točku 3.). Položaj stopala i njegova elevacija je iznimno bitna jer pri rotaciji tijela ukoliko stopalo ostane punim obujmom na zemlji riskiramo ozljedu ligamenata koljena. Pri rotaciji tijela dolazi do naprezanja ligamenata u koljenu, pa da bi neutralizirali to naprezanje, tj. rasteretili koljeno tenisač mora podignuti petu i na prstima se rotirati u smjeru udarca.



**Slika 17. Teniski udarac-pozicija B2.**

Na poziciji B2 vidimo kako sve tri točke rotiraju u smjeru suprotnom od kazaljke na satu. Pri čemu točka 1. uz rotaciju ima i lagani porast visine u vertikalnoj ravnini. Taj porast visine je jednak vertikalnom porastu točke 3. umanjenom za razliku u pregibu koljena. Kut kojeg zatvara natkoljenica i potkoljenica nešto je manji u pozicije B2, nego što je to slučaj u poziciji B1. Točka 2. ima vertikalni porast jednak porastu točke 3. plus dodatno promjena visine samog ramena u vertikalnoj visini.





Slika 18. Teniski udarac-pozicija B3.

Pozicija B3 pokazuje nam krajnje točke rotacije točke 1. i 2. Točka 3. nastavlja rotirati i dolazi do elevacije punog volumena stopala od tla. Ta elevacija nije nužna, tj. stopalo je moglo u predjelu prstiju ostati u kontaktu sa podlogom i nastaviti rotirati oko vertikalne osi. Nakon pozicije B3 slijedi povratak u početni položaj A1.

## 4.2 Opis kretnji u bejzbolu

Na sličan način kao i kod tenisa i ovdje smo pokret rastavili na niz komponenti [15], te svaku komponentu analizirali posebno. Za razliku od tenisa ovdje smo promijenili prikazanu ravninu pogleda i pojednostavnili ilustrativni prikaz kako se ne bi ponavljali.



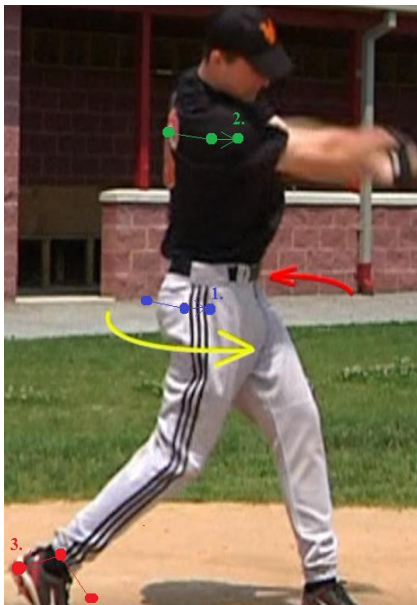
Slika 19. Bejzbol udarac-pozicija B1.

Pozicija B1 prikazuje početni stav udarača u bejzbolu. Označili smo nama najbitnije dijelove tijela i te dijelove ćemo promatrati u ovoj analizi pokreta. Točka 1. sa nalazi na kukovima, točka 2. na ramenu ruke, a točka 3. na peti stopala. Žutom strelicom je označen budući smjer rotacije tijela.



**Slika 20. Bejzbol udarac-pozicija B2.**

Kao i kod tenisa (pozicija B2) na poziciji B2 primjećujemo rotaciju sve tri točke sa tom razlikom što u ovom slučaju točke 1. i 2. uz rotaciju imaju negativnu promjenu visine u vertikalnoj ravnini. Ovo nije toliko bitno zato što je rast ili pad točaka u vertikalnoj ravnini određeno smjerom dolaska loptice, tako da se ta varijabla konstantno mijenja pa se lako može dogoditi da točke već pri sljedećem udarcu imaju relativni rast u odnosu na početne točke promatrano u vertikalnoj ravnini. Ovo nam govori da pažnju moramo usmjeriti na samu rotaciju.



**Slika 21. Bejzbol udarac-pozicija B3.**

Na poziciji B3 vidimo položaj tijela u trenutku udarca, te daljnji nastavak rotacije po istom principu kao i kod teniskog udarca. Vidimo da se mnogi segmenti rotacije ramena, stopala i kuka uvelike poklapaju u ta dva sporta.



Na poziciji B4 vidimo krajnji položaj tijela nakon udarca (pozicija B3.). Tijelo nastavlja rotaciju postepeno usporavajući sve dok ne dođe u krajnji položaj.

**Slika 22. Bejzbol udarac-pozicija B4.**

Na temelju analize zaključujemo da između udaraca u tenisu i bejzbolu postoji velika podudarnost, te da se tehnike izvođenja ne razlikuju mnogo. Jednako bitno je da se identični dijelovi tijela koriste na jednake načine kod oba sporta. Ovo nas stavlja na trag lakšeg identificiranja potrebnih kretnji našeg trenera. U nastavku provest ćemo analizu za još dva sporta kako bi izvukli definitivne zaključke.

### 4.3 Opis kretnji u golfu

Analiza pokreta u golfu prikazana je na malo pojednostavljen način. Promatrane su iste tri točke na tijelu kao i kod prethodna dva sporta. Sada kada smo ustanovili da tenis i bejzbol dijele iste ili jako slične karakteristike pri zakretu ili rotaciji gornjeg dijela tijela oko vertikalne osi prilikom izvođenja udarca, cilj nam je ustanoviti iste te karakteristike i kod golfa. Prikaz analize kod golfa je pojednostavljen u odnosu na prošle analize kako se ne bi nepotrebno ponavljali, ali metoda utvrđivanja činjenica i karakteristika zakreta ostaje ista. Pokret smo rastavili na niz od dvanaest sličica koje čine ključne trenutke pokreta, te smo te trenutke analizirali [16].



Slika 23. Golf udarac-pozicije A1, A2 i A3.

Na pozicijama A1, A2 i A3 vidimo sada već karakterističan početak rotacije najprije ramena (točka 2.), pa zatim kukova (točka 1.) dok peta stopala (točka 3.) ostaje u relativno nepromijenjenom položaju.



Slika 24. Golf udarac-pozicije B1, B2 i B3.

Pozicija B3 predstavlja krajnju točku rotacije u smjeru kazaljke na satu, ali i prvu točku rotacije u smjeru kazaljke na satu. Sada slijedi nama zanimljiviji dio analize pokreta koji se sastoji od rotacije u smjeru samog udarca.



Slika 25. Golf udarac-pozicije B4, B5 i B6.



Slika 26. Golf udarac-pozicije B7, B8 i B9.

Kao što je vidljivo na prikazanim pozicijama ( Slika 25 i Slika 26 ) rotacija kukova (točka 1.), ramena (točka 2.) i pete stopala (točka 3.) je nastavljena sve do krajnje točke zakreta koja se nalazi u poziciji B9. Dolazimo do zaključka da rotacija gornjeg dijela tijela oko vertikalne osi pri izvođenju udarca u golfu dijeli mnoge zajedničke karakteristike sa udarcima u tenisu i bejzbolu. Sa ovim saznanjem dobili smo daljnje podatke potrebne za definiranje kretnji našeg trenera.

#### 4.4 Opis kretnji u boksu

Analiza pokreta u boksu provedena je na potpuno isti način kao i za tenis, bejzbol i golf. Pokret smo rastavili na niz sekvenci od kojih svaka prikazuje ključan moment, tj. moment bitan za provedbu naše analize.



Slika 27. Udarac u boksu- pozicija A1, A2, B1 i B2.

U boksu kao i u prethodno navedenim sportovima jasno je vidljiv način izvođenja rotacije tijela oko vertikalne osi. Zaključujemo da boks sadrži iste ili vrlo slične elemente rotacije kao i tri prethodno navedena sporta. Sve tri promatrane točke imaju vrlo sličan način izvođenja kao i u tenisu, bejzbolu i golfu.

#### 4.5 Definiranje kretnji koje trener mora omogućiti

Analizom pokreta u četiri sporta prikupili smo dovoljno informacija za determiniranje kretnji koje trener mora omogućiti. Uz navedena četiri sporta provedene su i kraće analize u još nekoliko sportova kako bi se potvrdili naši zaključci, te analize nismo uključivali u rad jer zaključci do kojih smo došli kod njih su u potpunosti identični sa zaključcima donesenim na temelju prikazanih analiza. Suptilne razlike u kretnjama između različitih sportova smo ignorirali kako bi što više pojednostavnili mehanizam kretnji koje trener mora omogućiti.

U nastavku ćemo prikazati kretnje za koje smo zaključili da bi podjednako dobro služile za sve navedene sportove kako u svrhu razvoja tehnike izvođenja tako i u svrhu jačanja mišićne među-kordinacije potrebne za izvođenje tih kompleksnih pokreta. Definirane pokrete ćemo prikazati u nekoliko ravnina pogleda kako bi što vjernije prikazali što očekujemo da nam trener omogućiti.



**Slika 28. Ključne točke na tijelu.**

Početni položaj vježbača kojeg bi naša sprava trebala omogućiti izgledao bih ovako. Označili smo pet ključnih područja na tijelu vježbača koje su nam od posebnog interesa, i pokrete tih područja sprava mora čim vjernije simulirati. Kretnje vježbača su prilagođene kako bi čim vjernije simulirale rotaciju gornjeg dijela tijela oko vertikalne osi u što više sportova, ali i tako da mehanizam kretnji trenera pojednostavnimo maksimalno koliko je to moguće. U području 1. nalaze se kukovi koji su najbitniji čimbenik rotacije i što se njih tiče zadržana je vjerodostojnost u odnosu na analizirane sportove. U području 2. nalaze se ramena. Pokreti ramena su pojednostavljeni kako bi odgovarali što širem broju sportova. Područje broj 3. je područje pete stopala i tu sve ostaje vjerno analiziranim sportovima, u njima peta stopala se na identičan način rotira oko vertikalne osi prstiju stopala. Područje 4. je područje koje se odnosi na šake vježbača i na mjesto kontakta naletne površine trenera i vježbača. Nakon provedene

analize smatram da bi položaj šaka trebao biti u visini ramena, da bi šake trebale biti nekoliko centimetara odmaknute od prsa i jedna od druge. Smatram da se na ovaj način prilično vjerno simuliraju pokreti u svim sportovima bez izuzetaka uz vođenje računa o čim jednostavnijem mehanizmu prihvata naletne površine trenažera i vježbača. Područje 5. odnosi se na položaj laktova za vrijeme vježbe. Laktovi bi po mogućnosti trebali biti u istoj horizontalnoj ravni kao ramena uz naravno moguće male varijacije.

Sada ćemo prikazati kompletan redoslijed izvođenja izabраниh kretnji iz više ravnina pogleda kako bi što vjernije prikazali što se točno od trenažera traži.



Slika 29. Prikaz kretnji koje trenažer mora omogućiti-pogled sprijeda.



Slika 30. Prikaz kretnji koje trenažer mora omogućiti-pogled s desna.





Slika 31. Prikaz kretnji koje trener mora omogućiti-pogled s lijeva.



Slika 32. Prikaz kretnji koje trener mora omogućiti-pogled straga.



Slika 33. Prikaz kretnji koje trener mora omogućiti-pogled odozgo.

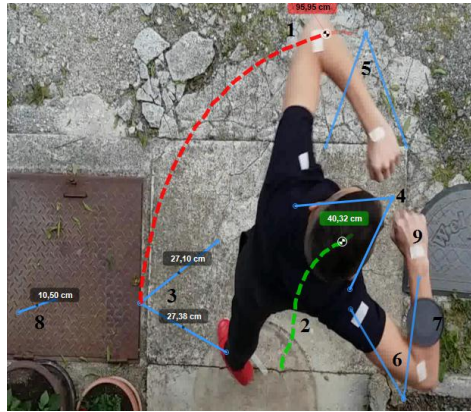
## 5. BIOMEHANIČKA ANALIZA

### 5.1 Inicijalna faza analize

Biomehanička analiza željenih kretnji trenažera provedena je pomoću *Kinovea* softvera za analizu pokreta te pomoću CAD softvera *CATIA V5*. Za analizu smo izabrali sedam vježbača različitih antropometrijskih mjera. Analiza se sastojala od:

1. Obilježavanja ključnih mjesta na tijelu svakog od sedam vježbača (ramena, laktovi, šake i točke na vratnoj kralježnici (vertikalna os vježbača).
2. Uzimanja antropometrijskih mjera vježbača (visina).
3. Snimanje vježbača pri izvođenju definiranih pokreta ( pogled odozgo).
4. Utvrđivanja trajektorije lakta, te trajektorije koju radi centralna vertikalna os vježbača pomoću *Kinovea* softvera.
5. prebacivanje dobivenih točaka trajektorije u *CATIA V5* softver kako bi mogli usporediti krivulje za različite vježbače, kako bismo za svaku krivulju mogli izračunati njen radijus, te kako bi za svaku krivulju pronašli središte osi vrtnje.
6. Donošenje zaključka.

Kako bi mogli vršiti mjerenja putem video zapisa morali smo na svakom video zapisu u nama bitnoj horizontalnoj ravnini koja se nalazi za svakog vježbača na drugačijoj vertikalnoj visini postaviti referentni element nama poznatih dimenzija. To je moguće stoga što se pri izvođenju vježbe sve promatrane točke nalaze na istoj visini. U našem slučaju radilo se o okruglom smeđem plastičnom predmetu promjera 105 mm koji je smješten na podlakticu snimljenog vježbača. Također smo za svakog vježbača obilježili početni i krajnji položaj ruku u slučaju da će nam kasnije ta informacija trebati.



Slika 34. Elementi promatranja u Kinovea softveru.

VJEŽBAČ	VISINA [cm]
Vježbač 1	183
Vježbač 2	168
Vježbač 3	176
Vježbač 4	181
Vježbač 5	178
Vježbač 6	188
Vježbač 7	186

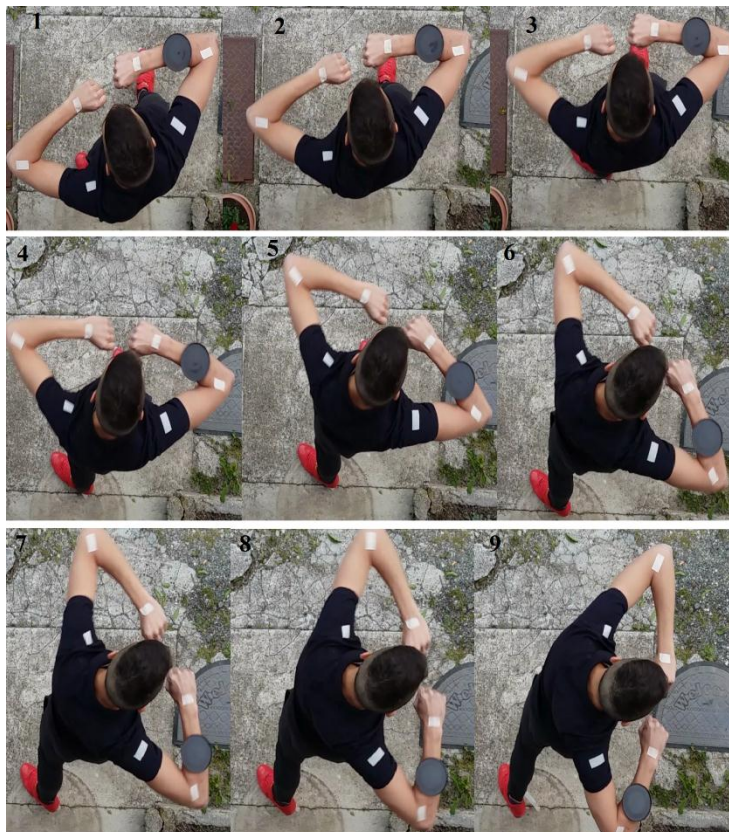
Tablica 1. Visine vježbača.

Na prethodnoj slici (Slika 34) vidimo promatrane elemente. Brojčana oznaka uz određeni element nam govori o kojem se elementu radi:

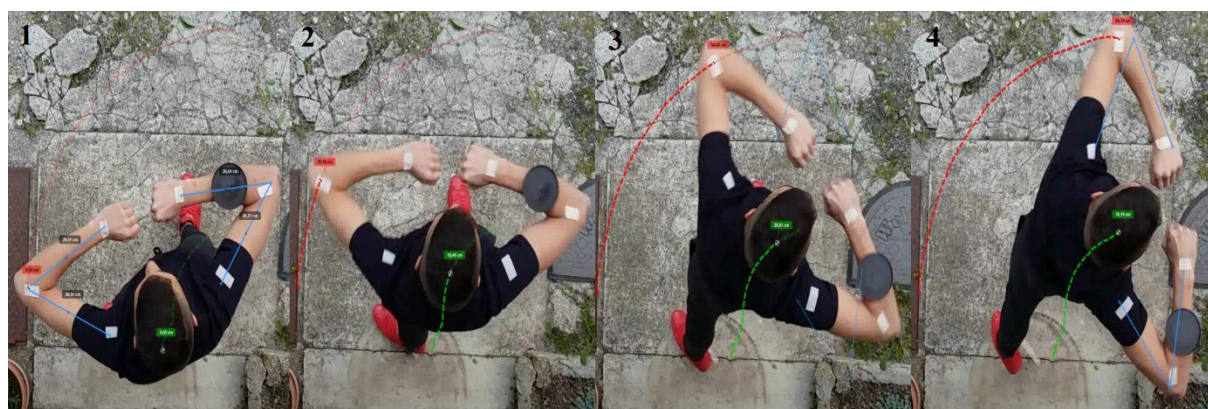
1. Trajektorija lijevog lakta prilikom izvođenja kretnji (u ovom slučaju “udarac“ se izvodi lijevom rukom), te u crvenom kvadratu pređeni put promatrane točke lakta.
2. Trajektorija centralne vertikalne osi vježbača prilikom izvođenja kretnji, te u zelenom kvadratu pređeni put promatrane točke.
3. Početni položaj lijeve nadlaktice i podlaktice, te dužina između referentnih točaka na njima.
4. Početni položaj desne nadlaktice i podlaktice.
5. Krajnji položaj lijeve nadlaktice i podlaktice.
6. Krajnji položaj desne nadlaktice i podlaktice.
7. Referentni element za određivanje dužine.
8. Referentna dužina (mjera pomaknuta sa strane kako ne bi smetala).
9. Bijeli markeri za određivanje referentnih točaka na tijelu.

### 5.1.1 Vježbač 1

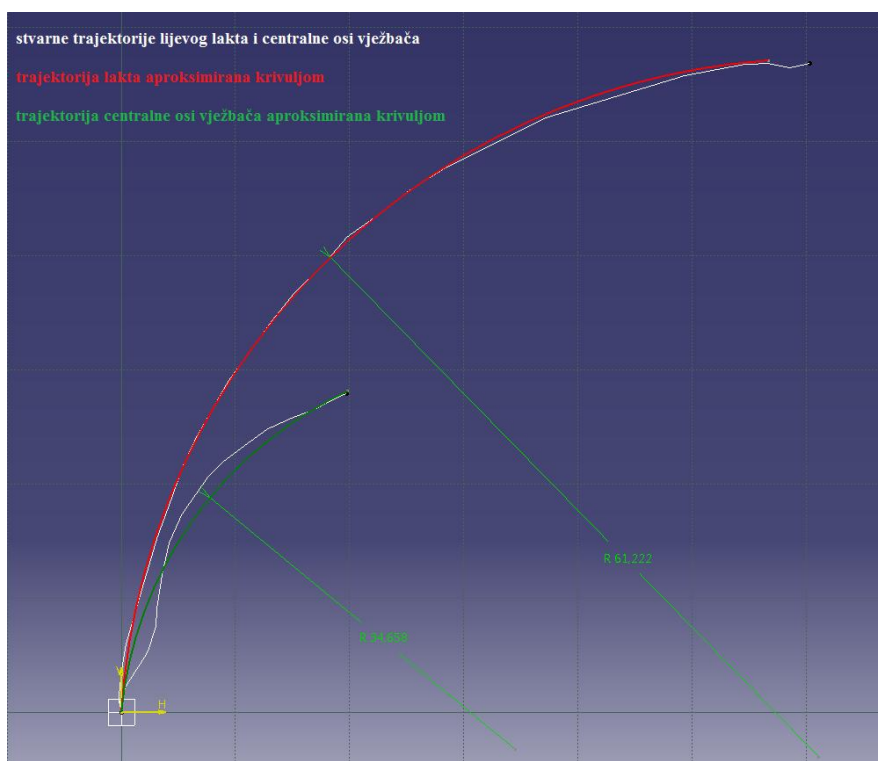
Visina vježbača – 183 cm



Slika 35. Vježbač 1-kretnje.



Slika 36. Vježbač 1-Kinovea.



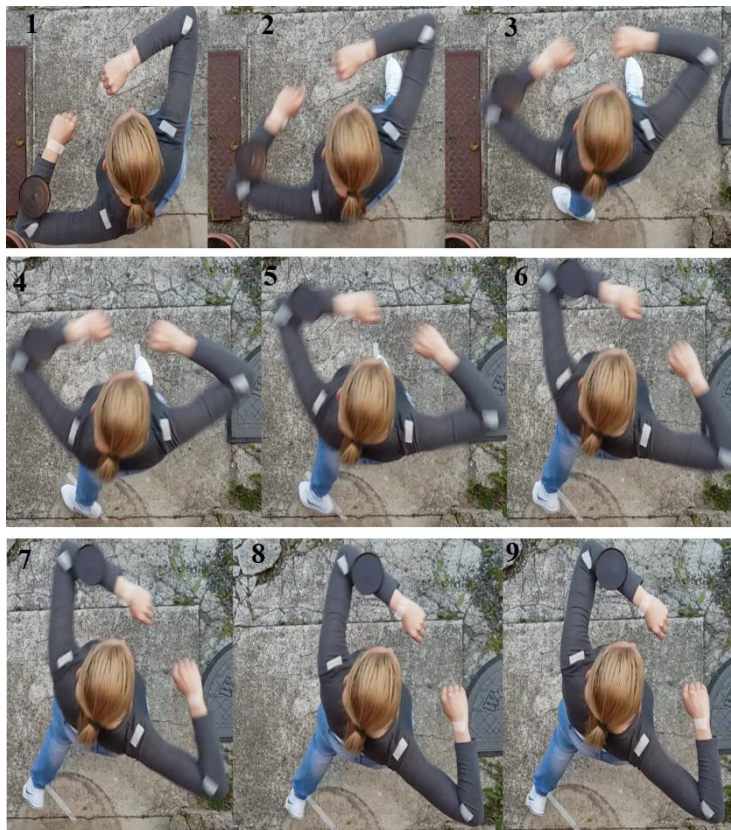
Graf 1. Vježbač 1- krivulje.

Vježbač 1	
trajektorija lijevog lakta – pređeni put	89,74 cm
trajektorija centralne osi – pređeni put	36,19 cm
radijus aproksimacijske krivulje lakta	61,222 cm
radijus aproksimacijske krivulje centralne osi	34,658 cm

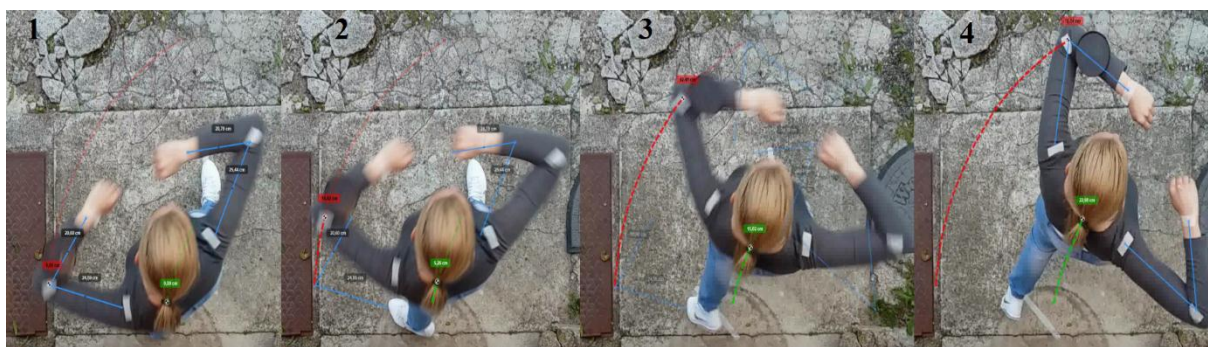
Tablica 2. Vježbač 1.

### 5.1.2 Vježbač 2

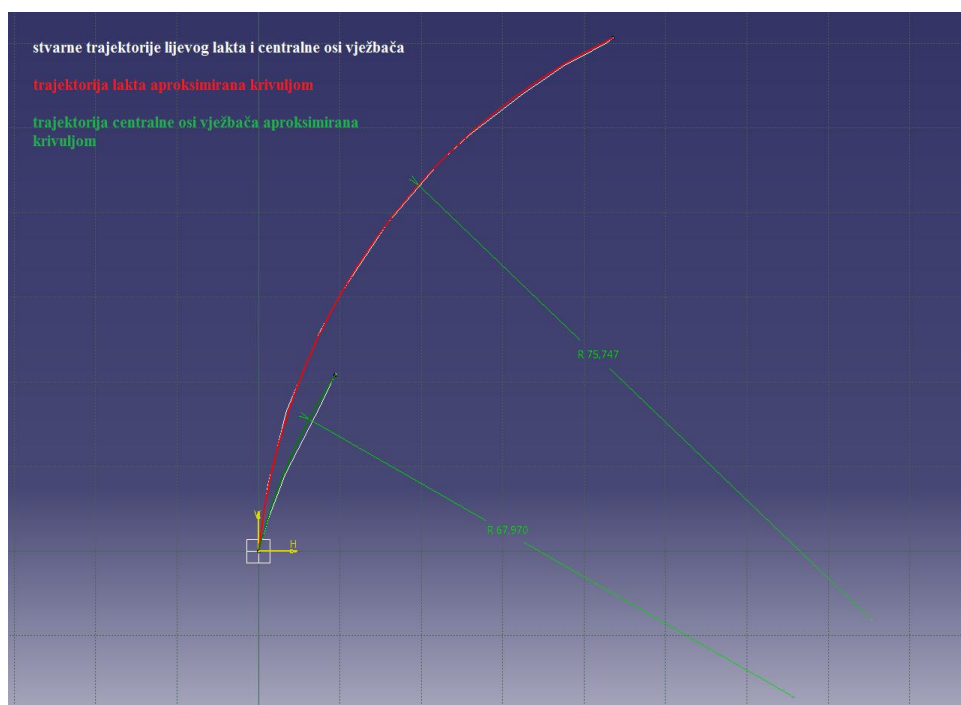
Visina vježbača – 168 cm



Slika 37. Vježbač 2 – kretnje.



Slika 38. Vježbač 2 – Kinovea.



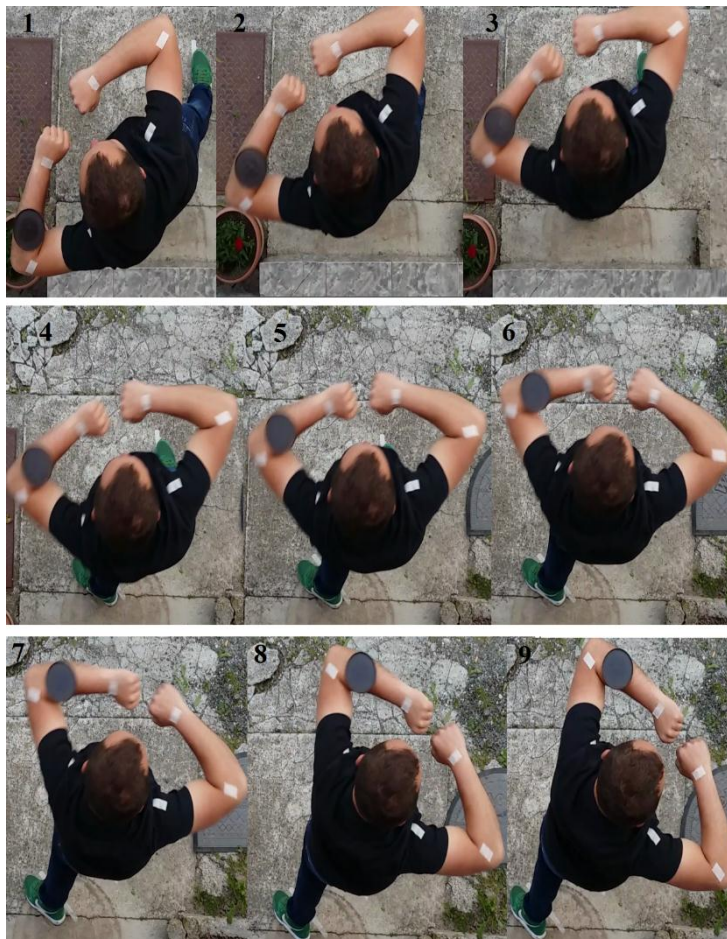
Graf 2. Vježbač 2 - krivulje.

Vježbač 2	
trajektorija lijevog lakta – pređeni put	78,14 cm
trajektorija centralne osi – pređeni put	22,98 cm
radijus aproksimacijske krivulje lakta	75,747 cm
radijus aproksimacijske krivulje centralne osi	67,970 cm

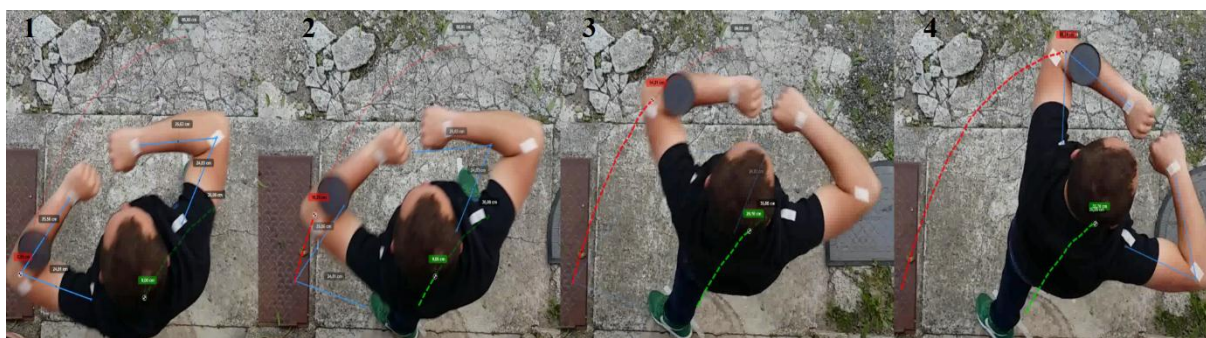
Tablica 3. Vježbač 2.

### 5.1.3 Vježbač 3

Visina vježbača – 176 cm

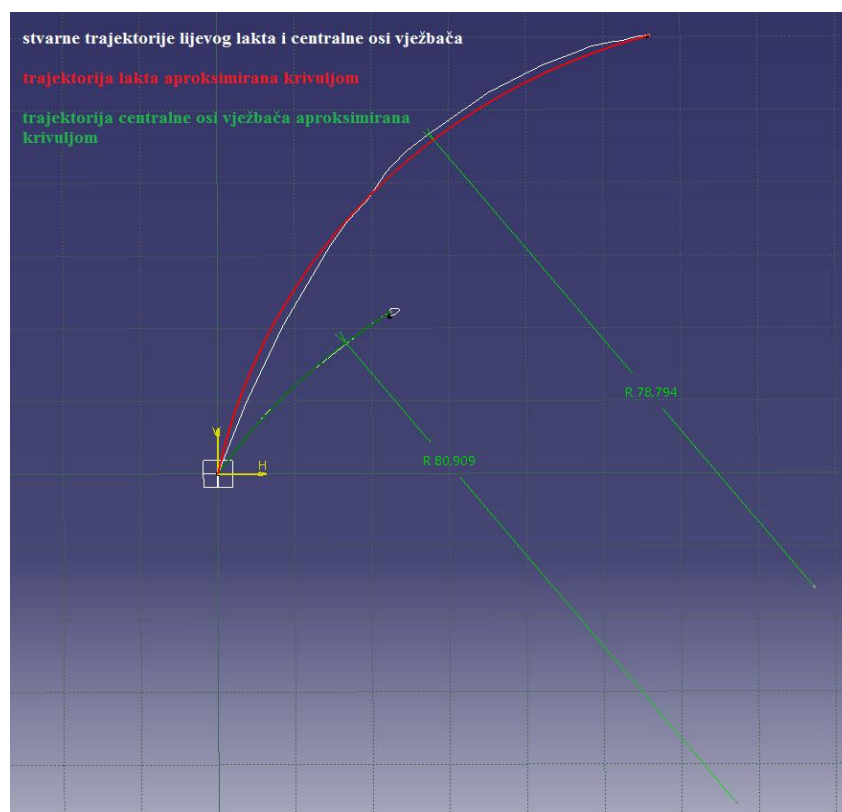


Slika 39. Vježbač 3 - kretnje.



Slika 40. Vježbač 3 - Kinovea





Graf 3. Vježbač 3 - krivulje.

Vježbač 3	
trajektorija lijevog lakta – pređeni put	86,63 cm
trajektorija centralne osi – pređeni put	34,60 cm
radijus aproksimacijske krivulje lakta	78,794 cm
radijus aproksimacijske krivulje centralne osi	80.909 cm

Tablica 4. Vježbač 3.

### 5.1.4 Vježbač 4

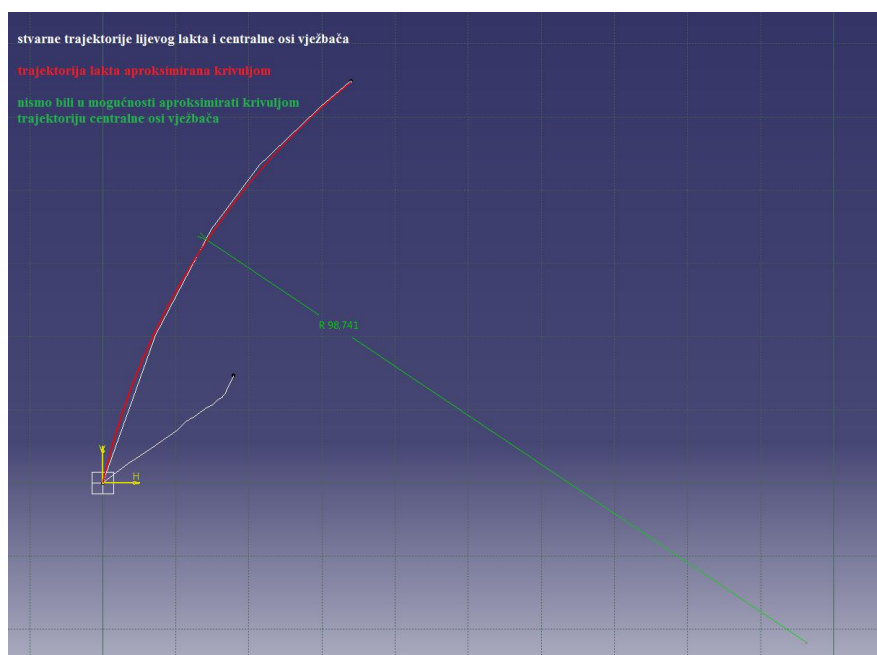
Visina vježbača – 181cm



Slika 41. Vježbač 4 - kretnje.



Slika 42. Vježbač 4 - Kinovea.



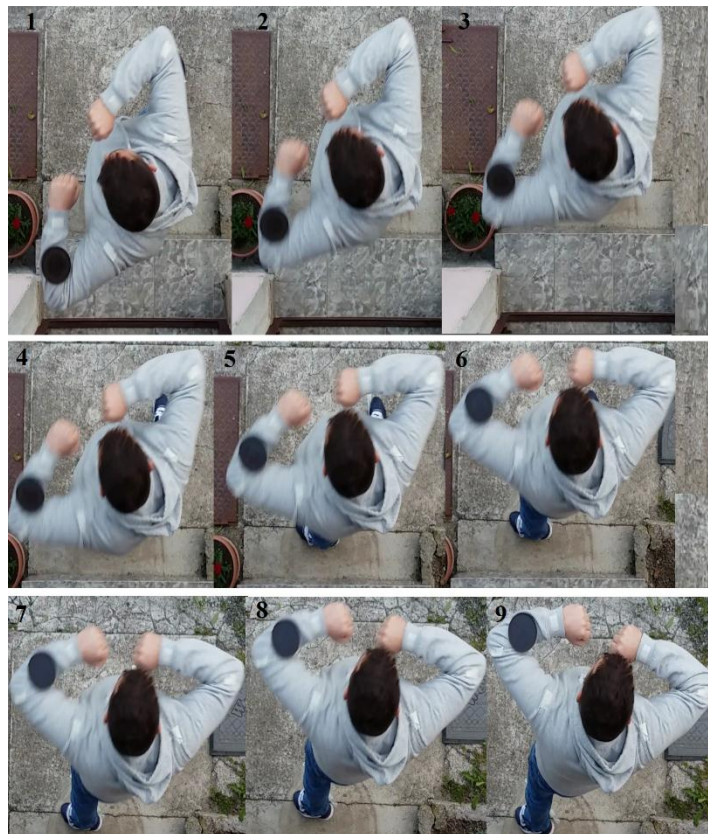
Graf 4. Vježbač 4 - krivulje.

Vježbač 4	
trajektorija lijevog lakta – pređeni put	64,51 cm
trajektorija centralne osi – pređeni put	23,02 cm
radijus aproksimacijske krivulje lakta	98,741 cm
radijus aproksimacijske krivulje centralne osi	nismo mogli odrediti

Tablica 5. Vježbač 4.

### 5.1.5 Vježbač 5

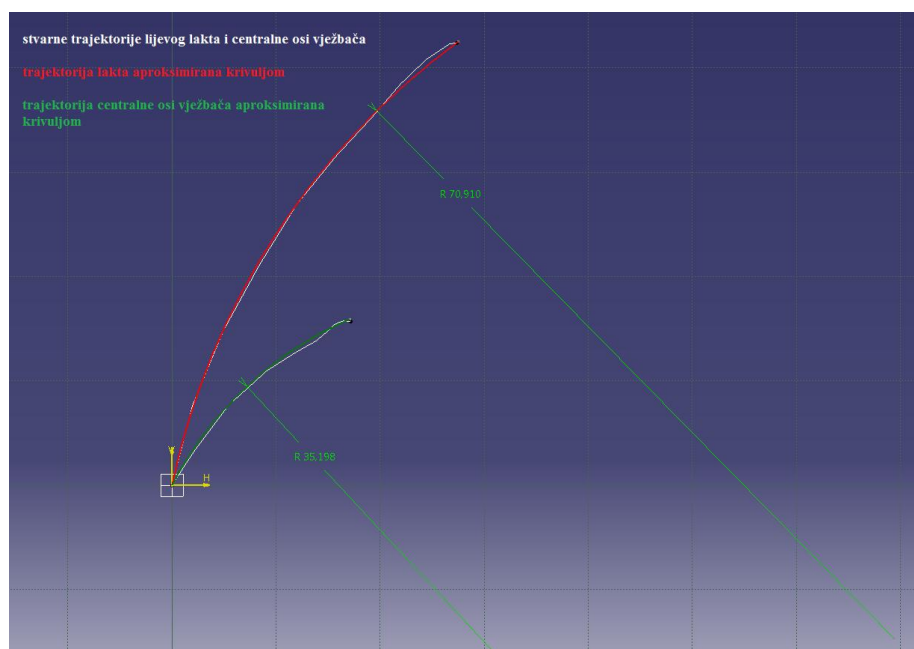
Visina vježbača – 178 cm



Slika 43. Vježbač 5 - kretnje.



Slika 44. Vježbač 5 - Kinovea.



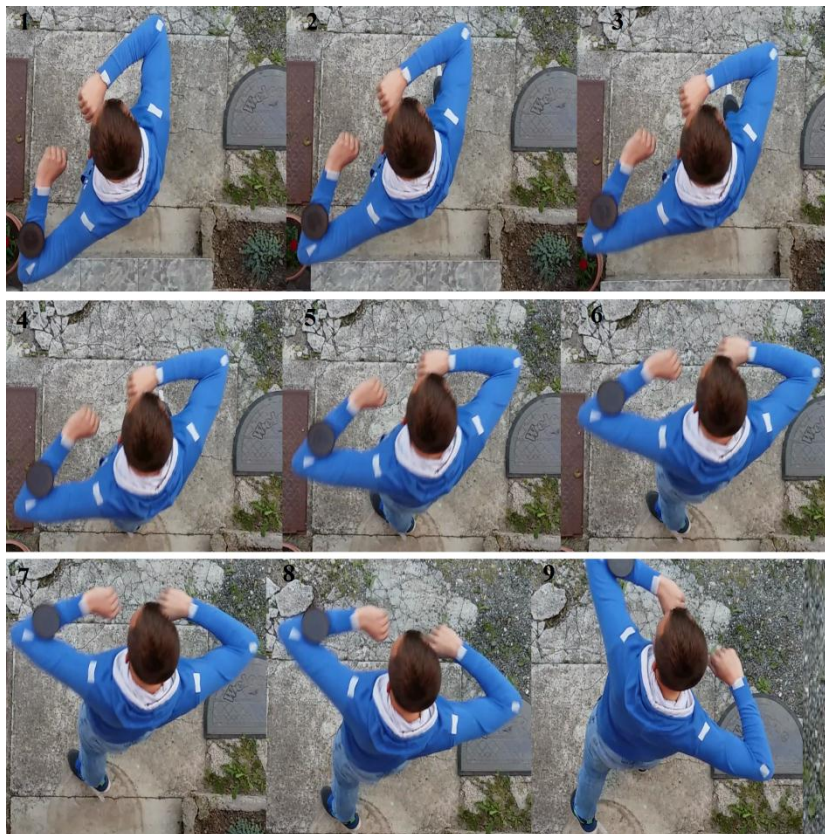
Graf 5. Vježbač 5 - krivulje.

Vježbač 5	
trajektorija lijevog lakta – pređeni put	51,84 cm
trajektorija centralne osi – pređeni put	23,95 cm
radijus aproksimacijske krivulje lakta	70,910 cm
radijus aproksimacijske krivulje centralne osi	35,198 cm

Tablica 6. Vježbač 5.

### 5.1.6 Vježbač 6

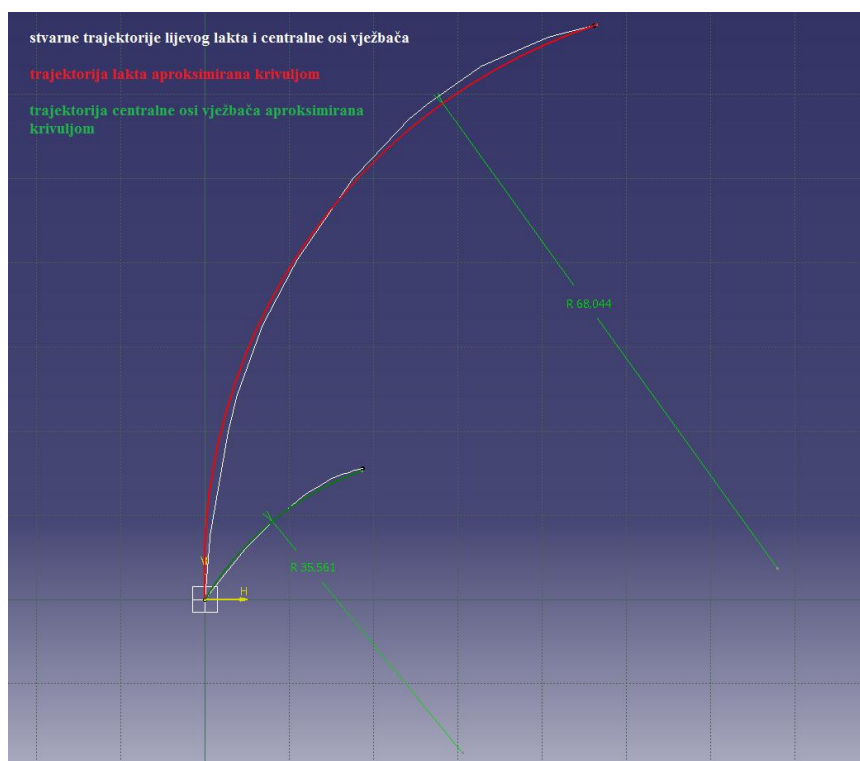
Visina vježbača – 188 cm



Slika 45. Vježbač 6 - kretnje.



Slika 46. Vježbač 6 - Kinovea.



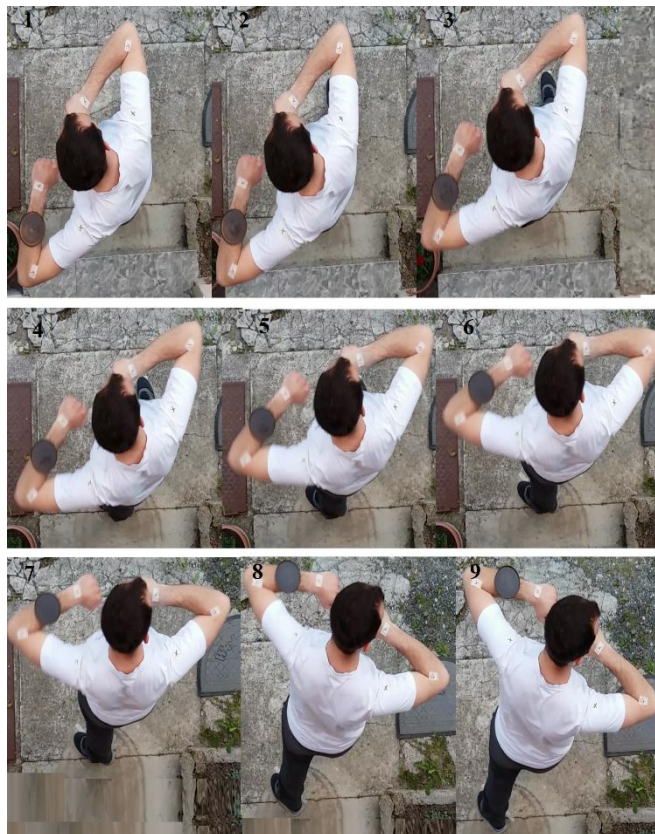
Graf 6. Vježbač 6 - krivulje.

Vježbač 6	
trajektorija lijevog lakta – pređeni put	88,22 cm
trajektorija centralne osi – pređeni put	24,81 cm
radijus aproksimacijske krivulje lakta	68,044 cm
radijus aproksimacijske krivulje centralne osi	35,561 cm

Tablica 7. Vježbač 6.

### 5.1.7 Vježbač 7

Visina vježbača 186 cm

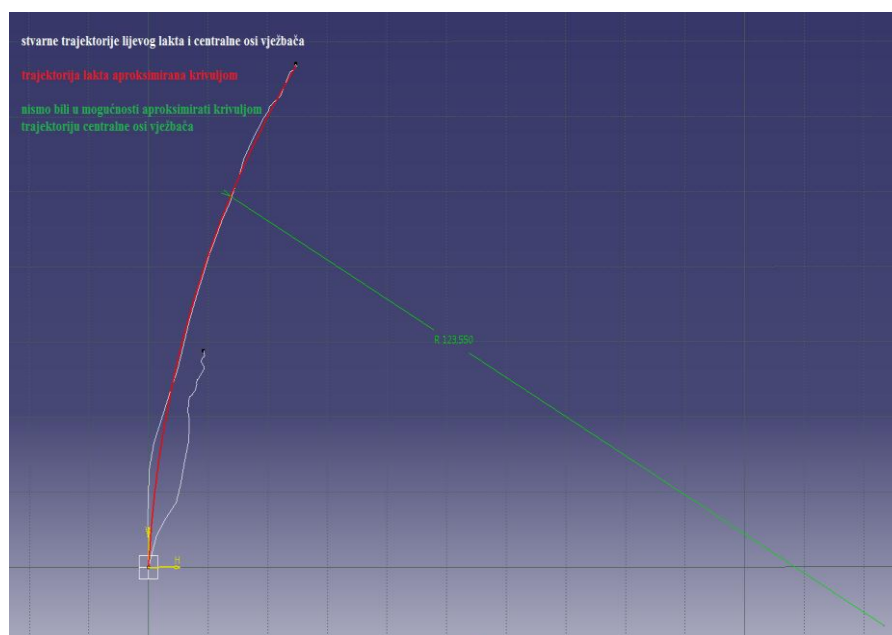


Slika 47. Vježbač 7 - kretnje.



Slika 48. Vježbač 7 - Kinovea.





Graf 7. Vježbač 7 - krivulje.

Vježbač 7	
trajektorija lijevog lakta – pređeni put	73,10 cm
trajektorija centralne osi – pređeni put	37,71 cm
radijus aproksimacijske krivulje lakta	123,550 cm
radijus aproksimacijske krivulje centralne osi	nismo mogli odrediti

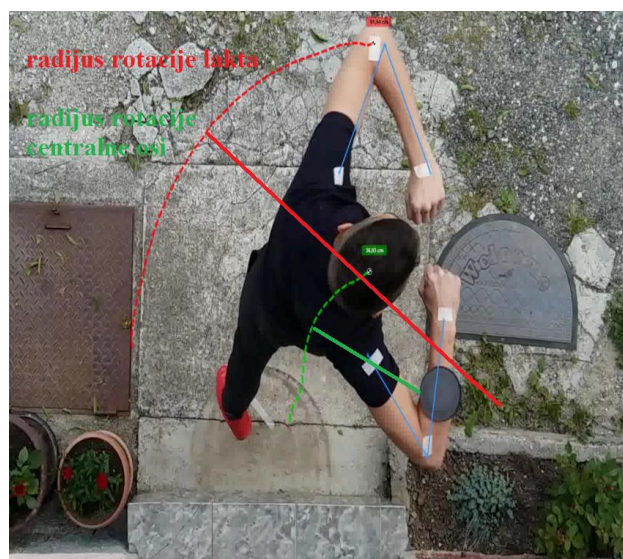
Tablica 8. Vježbač 7.

### 5.1.8 Zaključak inicijalne faze biomehaničke analize

	Visina [cm]	trajektorija lijevog lakta (pređeni put) [cm]	trajektorija centralne osi (pređeni put) [cm]	radijus aproksimacijske krivulje lakta [cm]	radijus aproksimacijske krivulje centralne osi [cm]
Vježbač 6	188	88,22	24,81	68,044	35,561
Vježbač 7	186	73,10	37,71	123,550	/
Vježbač 1	183	89,74	36,19	61,222	34,658
Vježbač 4	181	64,51	23,02	98,741	/
Vježbač 5	178	51,84	23,95	70,910	35,198
Vježbač 3	176	86,63	34,60	78,794	80,909
Vježbač 2	168	78,14	22,98	75,747	67,970

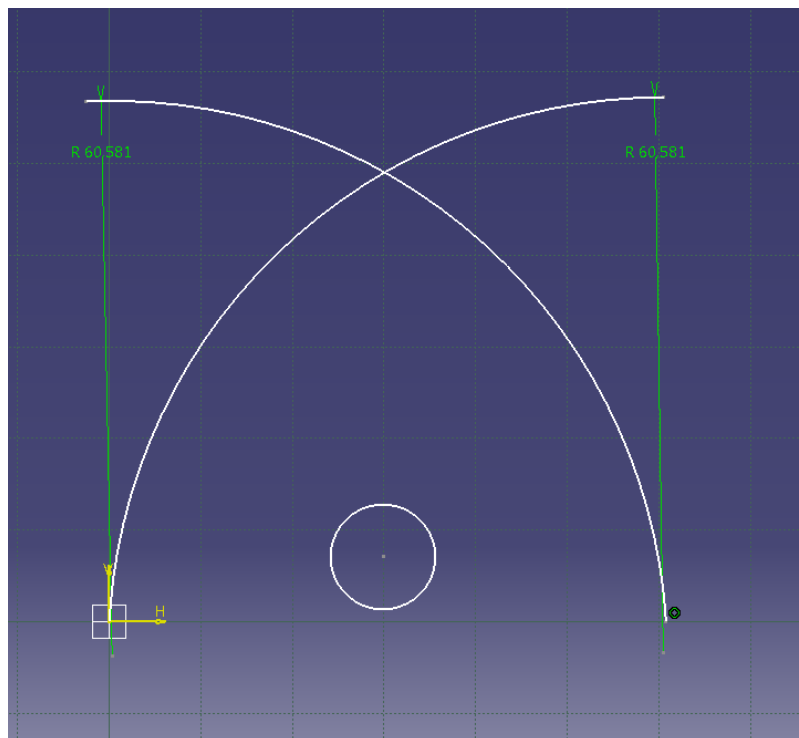
Tablica 9. Ukupni rezultati.

Nakon provedene biomehaničke analize na više ispitanika različitih antropometrijskih mjera možemo zaključiti sljedeće. Zbog nejednakosti u izvođenju pokreta vježbača rezultati se ne mogu međusobno uspoređivati. Nismo uspjeli dobiti konzistentnost rezultata prema našim očekivanjima. Zaključke koje smo dobiti temelje se na činjenicama koje su utvrđene kod svih vježbača.



Slika 49. Osi rotacije.

Najbitniji zaključci koje možemo sa sigurnošću donijeti su sljedeći. Os rotacije ruke (Slika 49) ne poklapa se sa centralnom osi vježbača koja se nalazi na potiljku, već je pomaknuta izvan vježbača, ovisno kojom stranom tijela se kretnja izvodi. Centralna os vježbača također tijekom kretnje mijenja svoj položaj i rotira oko neke točke izvan vježbača. Radijus na kojem rotira ruka uvelike ovisi o radijusu i prijeđenom putu centralne osi. Sa povećanjem radijusa i prijeđenog puta centralne osi raste i radijus te prijeđeni put ruke. Sada smo detektirali najveći problem današnjih trenažera. Oni u velikoj većini slučajeva pretpostavljaju da centralna os vježbača miruje za cijelo vrijeme izvođenja kretnji, što smo mi pokazali da je pogrešno. Sljedeća greška koju današnji trenažeri imaju je pretpostavka da pri izvođenju pokreta os rotacije ruke se poklapa sa centralnom osi vježbača, što također nije istina. Ta os se nalazi izvan vježbača. Na temelju dobivenih podataka zaključujemo da mehanizam prijenosa opterećenja nije simetričan za obje strane tijela, tj. os rotacije se razlikuje ovisno o strani tijela kojom izvodimo kretnju. Krivulja kretnji ruku za obje strane tijela u slučaju da je radijus kretnji 60,581 cm izgledala bi ovako



Slika 50. Krivulje kretnji za obje strane tijela.

## 5.2 Analiza korigiranih kretnji

Ponovit ćemo analizu sa tri vježbača različitih antropometrijskih mjera te ćemo uvesti neka ograničenja kako bi mjerenje bilo preciznije.

1. Kut između nogu vježbača mora biti jednak kod svih, nije bitno koliki je.
2. Razmak između šaka vježbača mora biti jednak kod svih, nije bitno koliki je.
3. Udaljenost šaka od prsa mora biti jednaka kod svih, ali nije bitno kolika je.
4. Kut zakreta kod svakog od vježbača biti će isti i iznositi će 90 stupnjeva.



Slika 51. Razmak između šaka i kut između nogu.



Slika 52. Udaljenost središta šake od prsa.



Slika 53. Kut zakreta prilikom kretnji.

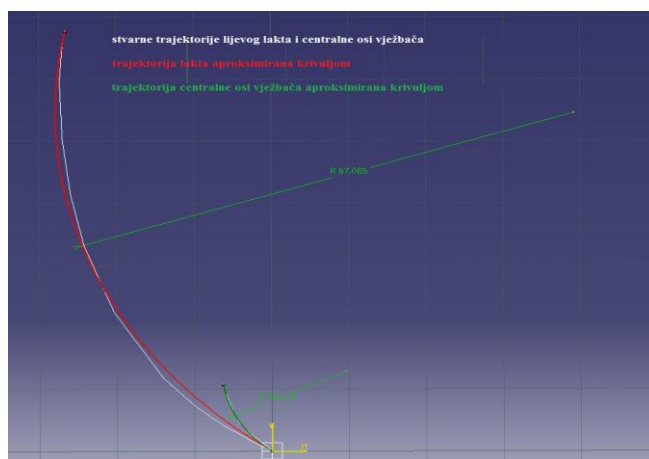
### 5.2.1 Vježbač 1

Visina vježbača – 183 cm

a)



b)



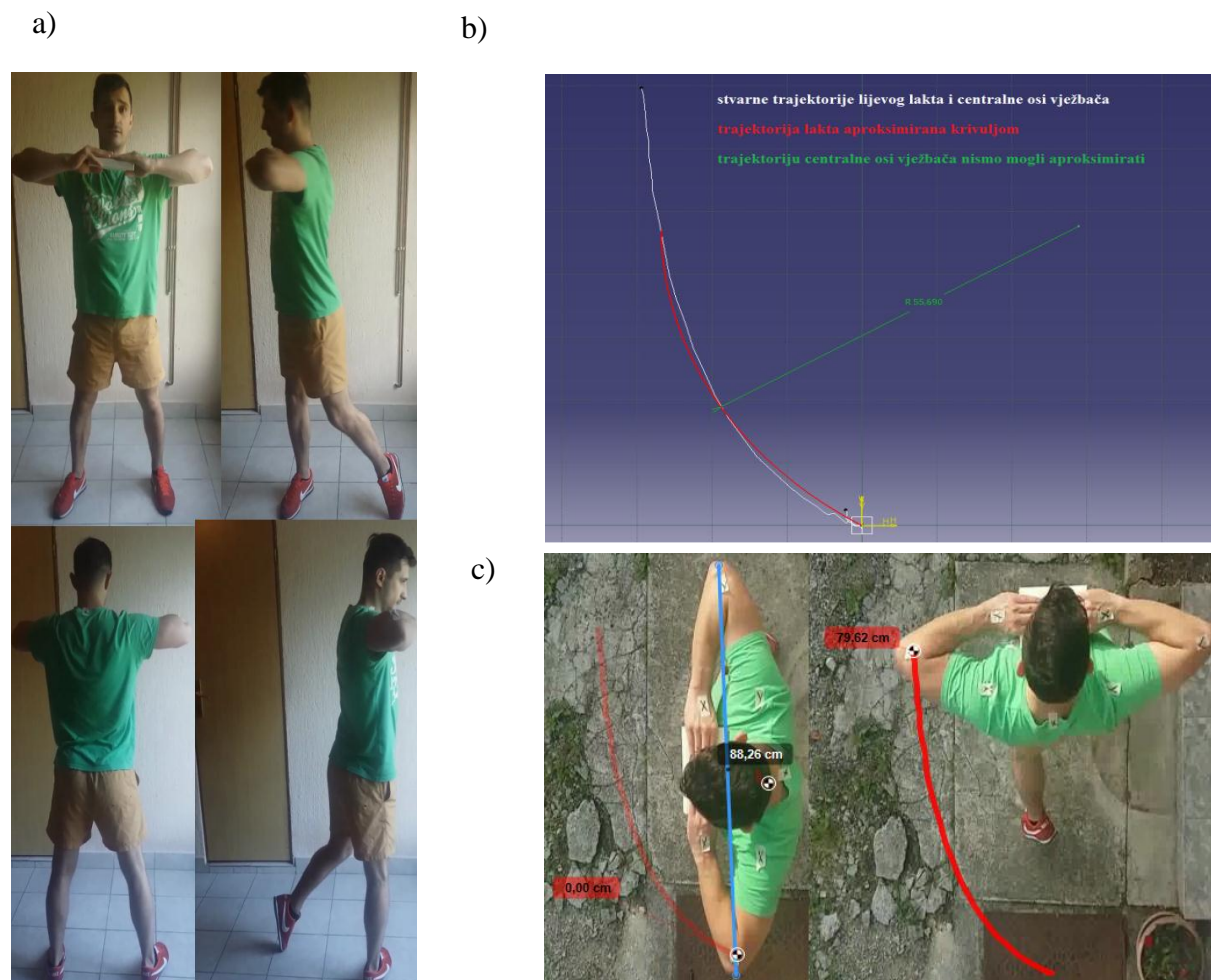
c)



Slika 54. Vježbač 1-a) početni i krajnji položaj, b) krivulje, c) Kinovea.

## 5.2.2 Vježbač 2

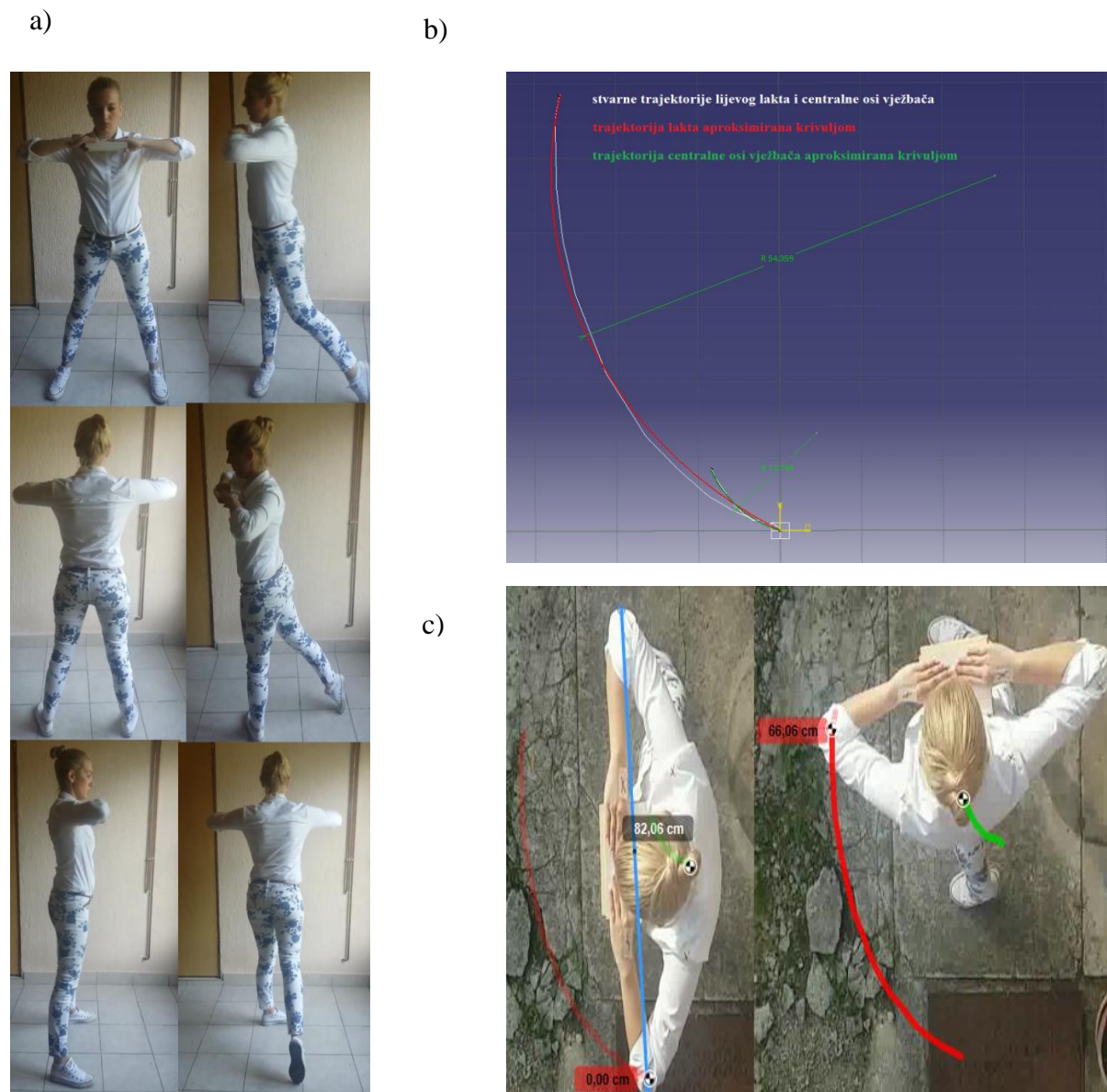
Visina vježbača – 178 cm



Slika 55. Vježbač 2-a) početni i krajnji položaj, b) krivulje, c) Kinovea.

## 5.2.3 Vježbač 3

Visina vježbača – 168 cm



Slika 56. Vježbač 3-a) početni i krajnji položaj, b) krivulje, c) Kinovea.

#### 5.2.4 Rezultati i zaključak analize korigiranih kretnji

	Visina [cm]	Raspon ruku prilikom izvođenja vježbe [cm]	trajektorija lijevog lakta (pređeni put) [cm]	radijus aproksimacijske krivulje lakta [cm]	radijus aproksimacijske krivulje centralne osi [cm]
Vježbač 1	183	88,26	80,25	67,085	16,126
Vježbač 2	178	88,26	79,62	55,690	/
Vježbač 3	168	82,06	68,38	54,359	13,794

**Tablica 10. Ukupni rezultati - ponovljeni.**

Nakon ponovno provedene analize nadali smo se da ćemo moći izračunati korelaciju između različitih antropometrijskih mjera i potrebne trajektorije naletne površine trenažera. Na žalost ne možemo sa sigurnošću utvrditi takvu vezu koju bi mogli izraziti matematičkom formulom. Iako su pri ponovljenoj analizi rezultati puno konzistentniji još uvijek preciznost nije zadovoljavajuća. To dijelom pripisujem nepreciznosti mjerne opreme, ali najveći je problem ljudski faktor, tj. nemogućnost ponavljanja kretnji različitih vježbača na identičan način. Zbog toga smo u prvoj analizi imali jako kontradiktorne podatke za pojedine vježbače, dok smo u ponovljenoj analizi uvelike popravili točnost ona još uvijek nije dovoljna za davanje konkretnih prijedloga. Još jedan problem je i mali uzorak vježbača sa kojim smo radili, pogotovo u ponovljenoj analizi. Zaključke za koje smo ustanovili da se mogu donijeti nakon prve analize ovdje su samo potvrđeni i pokazali su se točnima.



### 5.3 Ukupni zaključak nakon provedenih analiza

Ovdje ćemo u kratko iznijeti rezultate i zaključke dobivene nakon završetka inicijalne analize te analize korigiranih kretnji.

Nepobitno utvrđene činjenice :

1. Os rotacije ruke (Slika 49) ne poklapa se sa centralnom osi vježbača koja se nalazi na potiljku, već je pomaknuta izvan vježbača, ovisno kojom stranom tijela se kretnja izvodi.
2. Centralna os vježbača tijekom kretnje mijenja svoj položaj i rotira oko neke točke izvan vježbača.
3. Radijus na kojem rotira ruka uvelike ovisi o radijusu i prijašnjem putu centralne osi.
4. Sa povećanjem radijusa i prijašnjeg puta centralne osi raste i radijus te prijašnji put ruke.

Na temelju prethodno navedenih činjenica dolazimo do najbitnijeg zaključka ove analize, a to je da **mehanizam prijenosa opterećenja nije simetričan za obje strane tijela**, već ga je potrebno podesiti za svaku stranu tijela zasebno

Faktori koji sprječavaju točniju i potpuniju provedbu analize :

1. Premali uzorak vježbača.
2. Suptilne razlike u izvođenju kretnji između vježbača.
3. Nepreciznost mjerne opreme.
4. Ograničenja analitičkog softvera

Zbog ovih ograničenja nismo uspjeli utvrditi da li je uopće moguće dobiti funkcijsku vezu između različitih antropometrijskih mjera vježbača i radijusa mehanizma za prijenos opterećenja trenažera. Postojanje te matematičke veze uvelike bi olakšalo eventualnu konstrukciju mehanizma prijenosa opterećenja trenažera, njegovo lakše podešavanje, te izbjegavanje nepotrebnih karakteristika mehanizma.

## **6. KONSTRUKCIJSKI ZAHTJEVI, OGRANIČENJA I ŽELJENE ZNAČAJKE TRENAŽERA**

### **6.1 Tehnički upitnik za definiranje cilja razvoja proizvoda**

#### **1. Što je stvarni problem koji treba riješiti?**

Potrebno je osmisliti uređaj koji će ukomponirati istodobno vježbanje tehnike izvođenja udaraca, te jačanje i poboljšavanje međukoordinacije različitih mišićnih skupina koje sudjeluju u rotaciji gornjeg dijela tijela oko vertikalne osi.

#### **2. Koja implicitna očekivanja i želje je potrebno uključiti u razvoj?**

Uređaj mora biti jednostavan za uporabu, mobilan i samostojeći. Potrebno je voditi računa o sigurnosti korištenja, ergonomiji, jednostavnom prilagođavanju antropometriji korisnika, te higijeni.

#### **3. Da li su potrebe korisnika, funkcionalni zahtjevi i ograničenja zaista realni?**

Primarni zahtjevi korisnika su realni i nužni ako želimo da trenažer ispuni svoju svrhu. Sekundarni zahtjevi su najvjerojatnije ostvarivi uz neizbježno povećanje cijene trenažera.

#### **4. U kojim smjerovima postoje mogućnosti za kreativni razvoj i inventivno rješavanje problema?**

Jednostavno i samostalno korištenje, vježbanje i tumačenje rezultata, kontroliran proces vježbanja i napretka, regulacija amplitude pokreta, izmjenjivost dijelova - slučaj modularnog sustava, mehanizam prijenosa opterećenja koji prati trajektoriju tijela pri izvođenju vježbe, prilagodba trenažera različitim antropometrijskim mjerama

**5. Ima li limita na kreativnost u razvoju?**

Cijena, gabariti uređaja, mobilnost uređaja, prilagođavanje antropometriji korisnika, omogućavanje podudaranja centara rotacije sustava za prijenos opterećenja i trenutnog položaja korisnika.

**6. Koje karakteristike/svojstva proizvod nužno mora imati?**

Doziranje sile mora biti precizno, treba postojati mogućnost regulacije amplitude pokreta, uređaj mora imati sigurnosni mehanizam i prilagodljivost za vježbanje obje strane tijela, naletna površina sustava za prijenos opterećenja mora pratiti trajektoriju točke tijela koja se naslanja na naletnu površinu, centar rotacije sustava za prijenos opterećenja mora biti podudaran sa trenutnim centrom rotacije tijela.

**7. Koje karakteristike/svojstva proizvod sigurno ne smije imati?**

Komplicirano rukovanje.

**8. Koji se aspekti razvoja mogu i trebaju kvantificirati u ovom trenutku?**

Prikazat kretnje koje bi trener trebao izvršiti, izvršiti biomehaničku analizu željenih kretnji trupa pri rotaciji oko vertikalne osi.

**9. Da li su razvojni zadaci postavljeni na prikladnoj razini apstrakcije?**

želi se postići jačanje mišićnih grupa potrebnih za izvođenje rotacije tijela oko vertikalne osi, te razvoj tehnike potrebne za izvođenje iste, uz potpunu kontrolu pokreta, izbjegavanje ozljeda te mogućnost praćenja napretka.

**10. Koja su tehnička i tehnološka ograničenja naslijeđena iz prethodnog iskustva sa sličnim proizvodima?**

Problem da li se izokinetički princip vježbe može ostvariti mehaničkim uređajem kojim ne upravlja skupi dinamometar i software. Kako na taj način (mehanički) postići optimalno opterećenje mišića bez pojave ozljeda.

## 6.2 Definicija cilja za razvoj proizvoda

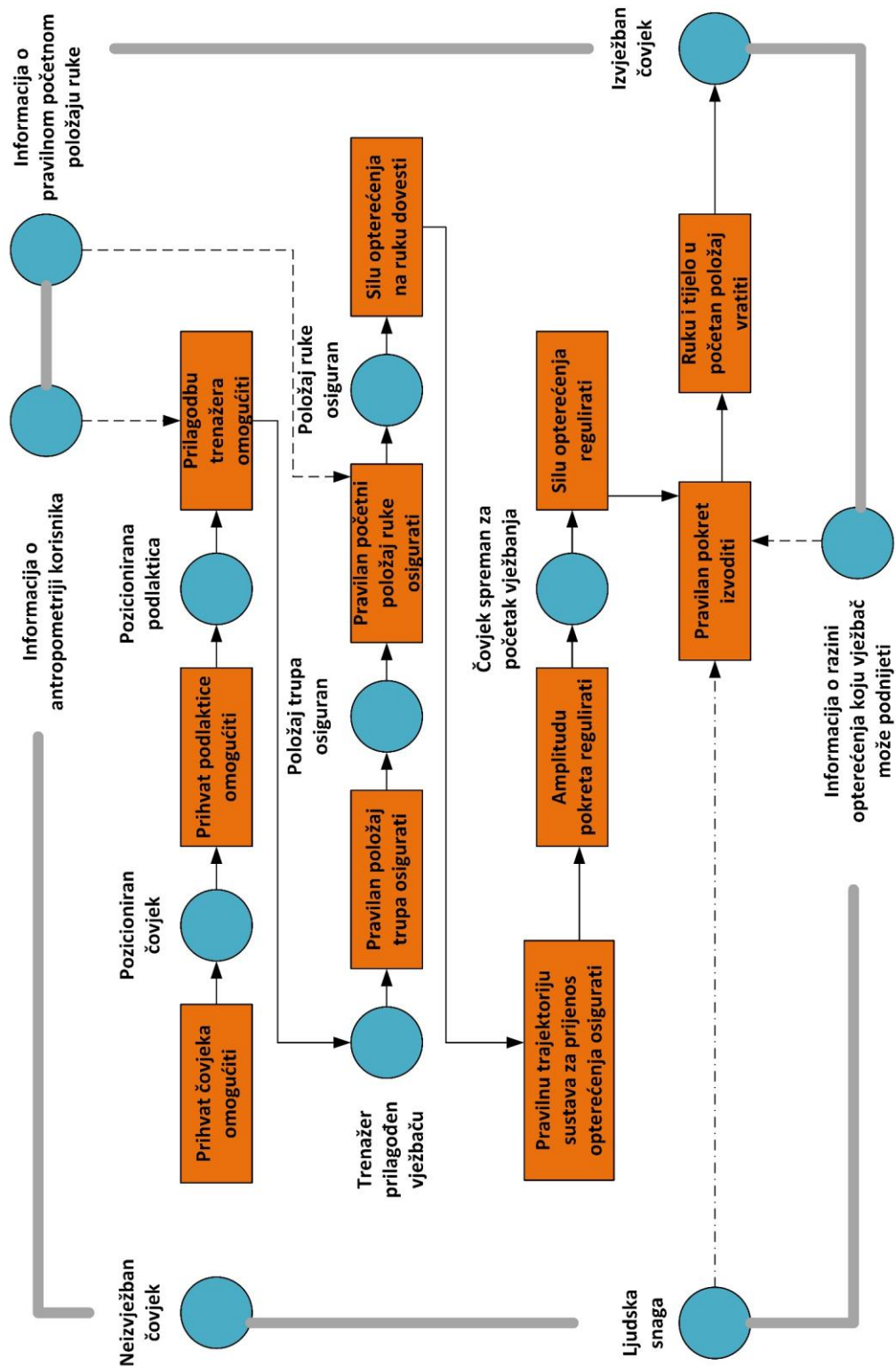
<b>DEFINICIJA CILJA ZA RAZVOJ PROIZVODA</b>	Naziv projekta :  <b>Trenažer gornjeg dijela trupa</b>	Datum:  18.6.2016
<b>Opis proizvoda:</b>		
Trenažer gornjeg dijela tijela pri rotaciji tijela oko vertikalne osi.		
<b>Primarno tržište:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fitness centri</li> <li>▪ Sportski klubovi</li> </ul>		
<b>Koje karakteristike se podrazumijevaju:</b>		
<p>Uređaj mora biti samostojeći, jednostavan za uporabu i mobilan, jednostavan za korištenje, mora posjedovati sigurnosni mehanizam. Treba omogućiti prilagodljivost i fiksaciju vježbača, regulaciju amplitude pokreta, regulaciju opterećenja. Naletna površina sustava za prijenos opterećenja mora pratiti trajektoriju točke lakta, prsa ili drugog dijela tijela koja se naslanja na naletnu površinu. Omogućiti vježbanje lijeve i desne strane tijela</p>		
<b>Ciljane grupe korisnika:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sportaši</li> </ul>		
<b>Pravci kreativnog razvoja:</b>		
Regulacija opterećenja, regulacija amplitude pokreta, sustav prijenosa opterećenja koji prati trajektoriju točke lakta, prsa ili drugog dijela tijela koji je u kontaktu sa sustavom		
<b>Limiti projekta:</b>		
Cijena, gabariti uređaja, mobilnost uređaja, prilagođavanje antropometriji korisnika, omogućavanje podudaranja centara rotacije sustava za prijenos opterećenja i trenutnog položaja korisnika.		

### 6.3 Smjernice daljnjeg razvoja

Na temelju do sada izloženih činjenica najbitnije je osmisliti mehanizam prijenosa opterećenja koji je u mogućnosti pratiti trajektoriju pokreta kod vježbača različitih antropometrijskih mjera. Zatim bitno je omogućiti prilagodbu tog mehanizma da omogućuje vježbanje lijeve i desne strane tijela jer kako smo dokazali os rotacije trajektorije pokreta ne poklapa se sa centralnom osi vježbača. Sustav prijenosa opterećenja je taj koji omogućuje ostvarenje glavnog zahtjeva. Kako bi se tijekom vježbanja uključilo što je moguće više mišićnih skupina i poboljšala međukoordinacija među njima, bitno je osmisliti adekvatno prihvatno mjesto na spravi koja će to omogućiti. Također je bitno definirati kojim dijelom tijela, tj. kojom će se polugom tijelo dovesti u interakciju sa spravom. Ako se referiramo na kretanje koje smo definirali i koje bi trener trebao omogućiti možda bi najbolje bilo postaviti naletnu površinu u predjelu podlaktice u blizini lakta, te pomoćne prihvatne ručke u predjelu šaka. Stoga, zbog ovih i svih ranije navedenih razloga u radu tokom buduće konstrukcijske razrade trenera treba voditi računa o:

- Jednostavnosti postavljanja i osposobljavanja za korištenje.
- Stabilnosti sprave (samostojeća)
- Jednostavnosti korištenja (podešavanja visine, položaja, opterećenja, trajektorije,...)
- Adekvatnom prihvatnom mjestu
- Načinu da prihvatno mjesto svojom putanjom prati putanju poluge
- Sprječavanju mogućnost ispadanja nadlaktice sa prihvatnog mjesta
- Oblikovanju prihvatnog mjesta na način da omogući aktivaciju što je više moguće mišićnih grupa, te sinergiju njihovog djelovanje.
- Osiguravanju ostalih poluga i zglobnih mehanizama koji ne sudjeluju u pokretu od pomicanja.
- Antropometrijskoj osjetljivosti, prilagodljivosti i prikladnosti
- Razini kompliciranosti korištenja sprave (razina apstrakcije sprave)
- Sigurnosti sprave za korisnika (osigurati adekvatan opseg pokreta, postojanje kočnice kao sigurnosnog mehanizma koji ne dozvoljava da na korisnika štetno djeluje preveliko zadano opterećenje).
- Autonomiji korištenja sprave.

## 6.4 Modeliranje funkcija pomoću toka



Slika 57. Funkcijska struktura trenera.

## 7. ZAKLJUČAK

Sprave koje postoje danas na tržištu i koje se koriste za jačanje mišićnih grupa te poboljšavanje međumišićne koordinacije nisu adekvatne kako je pokazala naša analiza. Prilikom izvođenja udaraca koji uključuju rotaciju gornjeg dijela tijela oko vertikalne osi treba voditi računa o više stvari. Današnje sprave pretpostavljaju fiksnu os rotacije i postavljaju tu os na mjesto centralne osi vježbača. Našom analizom kretnji u različitim sportovima utvrdili smo kretnje koje bi naš trener trebao omogućiti, te smo pomoću tih kretnji proveli biomehaničku analizu koja je pokazala da su današnje sprave neadekvatne za ovakav tip vježbi. Dokazali smo da os rotacije dijela tijela kojim se izvodi kretnja nije fiksna nego da putuje za vrijeme izvođenja pokreta. Dokazali smo se ta os ne nalazi na mjestu centralne osi vježbača nego je pomaknuta izvan njega. Time smo potvrdili i nesimetriju potrebne osi rotacije trenera. Na žalost nismo bili u mogućnosti ustanoviti pouzdanu vezu između različitih antropometrijskih mjera vježbača i trajektorije koju nam trener mora omogućiti, ali smo misljenja da bi sa preciznijom mjernom opremom, sa većim uzorkom vježbača i u kontroliranim uvjetima to bilo moguće izvesti te na taj način omogućiti konstrukciju trenera koji bi u najboljoj mjeri mogao aproksimirati tražene trajektorije i na taj način pomoći sportašima u razvoju tehnike i u jačanju mišićnih skupina potrebnih za izvođenje ovih kretnji.

## 8. LITERATURA

- [1] <http://baseballswingmechanics.com/>
- [2] <http://www.golfdigest.com/golf-instruction/swing-sequences>
- [3] <http://www.revolutionarytennis.com/step8.html>
- [4] <http://www.punchdrunksports.com/>
- [5] [www.google.hr/patents/US6786855](http://www.google.hr/patents/US6786855)
- [6] [www.google.hr/patents/US20110212797](http://www.google.hr/patents/US20110212797)
- [7] [www.google.hr/patents/US20110212797](http://www.google.hr/patents/US20110212797)
- [8] [www.google.hr/patents/US20100216602](http://www.google.hr/patents/US20100216602)
- [9] [www.google.hr/patents/US20100216602](http://www.google.hr/patents/US20100216602)
- [10] [www.google.hr/patents/US5688212](http://www.google.hr/patents/US5688212)
- [11] [www.google.hr/patents/US20110021329](http://www.google.hr/patents/US20110021329)
- [12] Panero J, Zelnik M.: Antropološke mere i enterijer, IRO „Građevinska knjiga“ Beograd, 1990.
- [13] Zatsiorsky V. M.; Kinematics of Human Motion, Human Kinetics, Pennsylvania State University, 1998.

<https://www.youtube.com>