

# UTJECAJ TRENINGA RAVNOTEŽE NA RAZVOJ MIŠIĆNE JAKOSTI

---

**Bugarin, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:191827>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-10**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:  
magistar kineziologije)

Ivan Bugarin

**UTJECAJ TRENINGA RAVNOTEŽE NA RAZVOJ**  
**MIŠIĆNE JAKOSTI**

diplomski rad

**Mentor:**

doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

Zagreb, srpanj 2020.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

Student:

Ivan Bugarin

# UTJECAJ TRENINGA RAVNOTEŽE NA RAZVOJ MIŠIĆNE JAKOSTI

## Sažetak

Svaki pokret koji čovjek izvede je produkt suradnje velikog broja sustava koji na poseban način doprinose i o kojima ovisi efikasnost čovjekova djelovanja. Ravnoteža i jakost su sposobnosti koje su svakodnevno prisutne tijekom svakog pokreta pa čak i tijekom mirnog stajanja. Cilj ovog diplomskog rada je prikazati fiziološke mehanizme jakosti i ravnoteže i učinke trening ravnoteže na mišićnu jakost kod različite populacije. Ravnoteža tijekom stajanja ili složenijeg pokreta uvjetovana je velikim brojem informacija koje pristižu iz posebno specijaliziranih receptora a sve u svrhu održavanju centra mase tijela unutar oslonačne površine. S obzirom da je čovjek sastavljen od velikog broja uzdužno postavljenih zglobova, visokog centra mase tijela i relativno male oslonačne površine konstantna potreba za korekcijom posture je neophodna. Vidni, vestibularni i somatosenzorni sustav u kombinaciji s jakošću posturalnih mišića omogućuju bipedalni stav. U svakodnevnom životu a posebno u sportu, javljaju se situacije koje vrlo lako izbace čovjeka iz ravnoteže. Efikasnost se u tom slučaju vidi u brznoj reakciji koja rezultira ponovnom uspostavom ravnoteže. Neke od strategija jesu strategija gležnja ili kuka i strategija iskoraka a u starijih osoba postoji kombinacija sa hvatom za neki čvrsti objekt. Trening ravnoteže u praksi je poznat po svojem rehabilitacijskom i preventivskom karakteru posebice u oporavku od ozljeda gležnja i koljena. Današnje spoznaje proširile su se na mogućnost njegove primjene u svrhu razvoja mišićne jakosti. Istraživanja provedena na učenicima, sportašima te osobama srednje i starije dobi pružaju obećavajuće rezultate. Kod djece javlja se mogućnost manjeg opterećivanja mišićno-koštanog sustava dok kod osoba starije dobi postoji mogućnost razvoja više dimenzija u manje vremena i na taj način prevenirati pad. Kod sportaša pojavila se mogućnost razvoja eksplozivne jakosti, tj. vršnog gradijenta sile.

Ključne riječi: trening ravnoteže, eksplozivna jakost, vršni gradijent sile, prevencija pada.

# EFFECTS OF BALANCE TRAINING ON THE DEVELOPEMENT OF MUSCLE STRENGTH

## Abstract

Every human movement is a product of different systems that interact and directly affect the outcome depending on the goal. Balance and strength are present in everyday movement including even when standing still. The aim of this paper is to present physiological mechanism of muscle strength and balance and effects of balance training on muscle strength on different population. While standing still or while doing a complex movement balance depends on lots of informations originating from different specialized receptors in order to maintain the centre of mass within the base of support. Since human body is composed of lots of longitudinally placed joints, high centre of mass and relatively small base of support, constant corrections of posture are necessary. Visual, vestibular and somatosensory system in combination with strength of postural muscles enables maintaining bipedal stance. In everyday life but specifically during sports activity, different situations happen that may lead to loss of balance. Efficacy of the system results in fast answer to perturbations that returns the body within the base of support. Strategies often used are ankle and hip strategy and step strategy while older people use the step strategy combined with a move of grabbing a firm object. Balance training is known for its preventive and rehabilitational effect specially for ankle and knee injury. Today, we know a lot about the positive effects that balance training has on muscle force production. Investigations carried out in the last three decades on adolescents, athletes, middle-aged and old people shows promising results. With kids there is a possibility to develop their capabilities without stressing the tendo-muscular system while in the elderly there is a possibility to affect many dimensions and prevent falls. Interventions with athletes showed positive effects on the rate of force development, therefore on explosive strength.

Key words: balance training, explosive strength, rate of force development, fall prevention.

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. JAKOST .....	3
2.2. Periferni faktori u proizvodnji mišićne sile.....	6
2.3. Vršni gradijent sile .....	7
2.4. Metodika treninga jakosti.....	9
2.4.1. Funkcionalne metode .....	9
2.4.2. Strukturalne metode .....	12
3. RAVNOTEŽA .....	13
3.1. Biomehantički i fiziološki mehanizmi ravnoteže.....	15
3.2. Biomehantička ograničenja.....	15
3.3. Fiziološki mehanizmi ravnoteže .....	17
3.4. Metodika ravnoteže.....	20
4. UTJECAJ RAVNOTEŽE NA JAKOST.....	22
5. ZAKLJUČAK.....	25
6. LITERATURA .....	26

## 1. UVOD

U svakom području ljudskog djelovanja postoji težnja da se odabere najprikladnija metoda koja će odgovarati postizanju nekog cilja. Tako i u razvoju različitih motoričkih sposobnosti postoji težnja da se odabere ona metoda koja će doprinijeti maksimalnom razvoju treniranosti pritom uzimajući u obzir vrijeme koje je potrebno da se ostvare efekti a i rizik kojem izlažemo sportaše ili rekreativce. Trener, kao odgovorna osoba, ima za cilj prilagoditi trenažni proces svakom pojedincu uzimajući u obzir njegovo trenažno iskustvo, razinu treniranosti, dob, spol, povijest ozljeda kao i realne potrebe za normalnim funkcioniranjem organizma.

Svaki čovjekov pokret a posebice savladavanje vanjskih opterećenja u sportu ovise o proizvodnji sile koju generiraju skeletni mišići. Mišićna jakost jedna je od najvažnijih sposobnosti čije razvijanje daje velike benefite koji omogućuju bolju izvedbu ili bolje funkcioniranje u svakodnevnom životu. Rippetoe (2011) tvrdi da je tjelesna jakost najvažnija stvar u životu. Stoga se ne bismo trebali čuditi odakle proizlazi tolika zainteresiranost za tako bitnu komponentu čovjekova fitnesa u čijem se vrhu nalaze treneri i sportaši. Zahvaljujući brojnim istraživanjima u području kineziologije koja su proučavala jakost, ne izostaju rezultati koji idu u korist pozitivnom utjecaju treninga jakosti na ljudski organizam.

Za izvođenje različitih motoričkih zadataka potrebna je određena količina mišićne jakosti, koordinacija svih segmenata tijela ali i posturalna stabilnost odnosno ravnoteža. Ravnoteža predstavlja sposobnost organizma da se opire različitim perturbacijama koje su posebno izražene tijekom sportskih natjecanja zadržavajući ravnotežni položaj (Page, 2006). Nije ravnoteža samo potrebna u sportu već i u svakodnevnim situacijama kada se obavljaju bazični ljudski pokreti koji osiguravaju normalan život. To je posebice izraženo kod osoba starije životne dobi kod kojih zbog smanjene mišićne mase, slabijeg reagiranja živčanog sustava ali i brojnih bolnih stanja dolazi do povećane mogućnosti za padom (Horak, 2006). Training ravnoteže posebno je poznat zbog svojeg preventivnog i rehabilitacijskog karaktera. Međutim, veliki broj istraživanja daje rezultate i upućuje na mogućnost primjene treninga ravnoteže kao metode za razvoj mišićne jakosti.. Tijekom održavanja ravnoteže dolazi do aktivacije velikog broja motoričkih jedinica, brzih kontrakcija te

vršnog gradijenta sile. U skladu s time, trening ravnoteže se sve više koristi kao sredstvo poboljšanja živčanomišićne funkcije i eksplozivne jakosti vježaača (Gruber i Gollhofer, 2004; Gruber i sur., 2007). Cilj ovog diplomskog rada jest opisati značajke ravnoteže i jakosti te ukazati na mogućnost razvoja jakosti primjenom treninga ravnoteže. No, da bi se mogli prikazati radovi koji upućuju na takvu mogućnost potrebno je, kao prvi korak, dati fiziološke osnove funkcioniranja jakosti i ravnoteže.



## 2. JAKOST

Osnovna funkcija mišića je proizvodnja sile (Marković, 2008). Ne postoji struktura gibanja, bila ona sportska ili prirodni oblik gibanja, koja ne zahtjeva proizvodnju mišićne sile, a time i određenu razinu jakosti. Ravijanje jakosti pozitivno utječe na sportsku izvedbu, unapređuje zdravlje, potiče pravilan razvoj djece i koristi u rehabilitaciji različitih stanja mišićno-koštanog sustava. Mišići i živčani sustav zajedno sudjeluju u proizvodnji sile odnosno jakosti pri čemu mišići predstavljaju „stroj“ dok je živčani sustav „kontrolna ploča“. Dakle, nema kontrakcije dok živčani sustav ne zada naredbu.

Jakost je maksimalna sila ili obrtni moment koji mišić može proizvesti prilikom izvođenja pojedinog pokreta (npr. fleksija lakta, ekstenzija koljena) (Knuttggen i Komi, 2003). McBride (2016) definira jakost kao sposobnost proizvodnje sile. Vršnu silu koju proizvedemo tijekom maksimalne voljne kontrakcije u definiranim uvjetima nazivamo jakost (Marković, 2008).

Skeletni mišić ima sposobnost prilagodbe s obzirom na zahjete tjelesne aktivnosti u kojoj sudjeluje. Većina sportaša se fokusira na razvoj mišića za unapređenje izvedbe. No, zaboravljaju da mišići nisu jedini koji sudjeluju u izvedbi nekog gibanja. Veliku ulogu u cijeloj priči ima živčani sustav. Odavno je poznato da je početni napredak u izvedbi ili motoričkom učenju ustvari rezultat boljeg funkcioniranja živčanog sustava jer za promjene u strukturi mišića treba više vremena (Zatsiorsky i Kraemer, 2006). Sportaši generiraju različitu maksimalnu silu prilikom izvođenja istog pokreta. Takvo variranje proizlazi iz dva faktora: 1.) centralni faktori i 2.) periferni faktori

## 2.1. Centralni faktori u proizvodnji mišićne sile

Središnji živčani sustav ima iznimnu važnost u stvaranju i razvoju mišićne jakosti. Živčana kontrola utječe na maksimalni izlaz sile mišića određivanjem koliko i koje će motoričke jedinice biti uključene u kontrakciju (regrutiranje) i kojom brzinom će se mišić podraživati. Generalno govoreći, mišićna sila će biti veća što je više motoričkih jedinica uključeno u kontrakciju, što je više većih motoričkih jedinica uključeno i što je brzina podraživanja odnosno kontrakcije veća (McBride, 2016). Jakost nije determinirana samo količinom mišićne mase nego i razinom aktivacije pojedinačnih mišićnih vlakana u svakom mišiću što se naziva unutarmišićna koordinacija. Proizvodnja maksimalne mišićne sile je rezultat aktivacije skupina mišića na odgovarajući način te se takva koordinirana aktivacija naziva međumišićna koordinacija (Zatsiorsky i Kraemer, 2006).

Motoričku jedinicu čini alfa-motoneuron iz kraljezničke moždine i svako vlakno koje taj živac inervira (Latash, 1998). Broj motoričkih jedinica varira s obzirom na veličinu mišića, pa tako mali mišići dlana mogu brojati do 100 motoričkih jedinica dok veći mišići i više od 1000 (Dietz, 2003). Mišići koji izvode fine pokrete, kao mišići pokretači oka, imaju manji broj mišićnih vlakana inerviranih od strane jednog neurona (Zatsiorsky i Kraemer, 2006). Dietz (2003) razlikuje tri tipa motoričkih jedinica: 1.) brzo kontrahirajuće (eng. *fast-twitch*), 2.) brzo kontrahirajuće otpornije na umor (eng. *fast twitch fatigue resistant*) i 3.) sporo kontrahirajuće (eng. *slow-twitch*). Brzo kontrahirajuće jedinice inerviraju mišiće koji su zaduženi proizvoditi veliku silu stoga imaju visok prag podraživanja, podložne su umoru zbog smanjenog broja mitohondrija, kapilarne prokrvljenosti, tj. anaerobnog su karaktera. Njima suprotne sporo kontrahirajuće jedinice niskog su praga podraživanja jer inerviraju mišiće koji su odgovorni za dugotrajan mišićni rad i imaju sve aerobne karakteristike (Dietz, 2003; Zatsiorsky i Kraemer, 2006). Da bi nastao pokret potrebna je serijska aktivacija mišića agonista, sinergista i stabilizatora. Svaki mišić u tom slučaju mora postići prag podraživanja kako bi se kontrahirao. Princip „sve ili ništa“ navodi da se mišić mora u potpunosti podražiti tj. postignuti razinu inervacije koja kontrahira mišić (Zatsiorsky i Kraemer, 2006).

Nakon treninga jakosti primjenom površinske elektromiografije utvrđena je povećana aktivnost antagonističke skupine mišića, tj. došlo je do poboljšanja unutarmišićne koordinacije. Jedan od načina za postizanje takvog efekta jest kroz regrutaciju većeg broja motoričkih jedinica. Princip

„veličine“ govori o aktiviranju motoričkih jedinica od sporo kontrahirajućih pa sve do brzo kontrahirajući, naravno, ovisno o potrebama. Spore jedinice aktiviraju se prve jer imaju najniži prag podraživanja dok brze jedinice imaju visoki prag podraživanja. Netrenirane osobe ne mogu postići aktivaciju brzih jedinica (a time i puni potencijal mišića), zbog previsokog praga podraživanja (Zatsiorsky i Kraemer, 2006). Drugi važan način odnosi se na učestalost aktivacije motoričkih jedinica. Moglo bi se reći da se sa povećanom proizvodnjom sile dolazi do veće i učestalije aktivacije motoričkih jedinica. Posljednji mehanizam na kojem se temelji bolja aktivacija agonista odnosno unutarmišićna koordinacija jest sinkronizacija rada motoričkih jedinica na početku kontrakcije i pretpostavlja se da bi sinkroniziran rad motoričkih jedinica na početku kontrakcije utjecao na povećanje gradijenta sile tj. eksplozivne jakosti (Marković, 2008).

Sljedeće povećanje jakosti temelji se na boljoj aktivaciji mišića agonista sa sinergistima, pomagačima u izvođenju pokreta. Radi se o međumišićnoj koordinaciji (Zatsiorsky i Kraemer, 2006). Drugi element odnosi se na smanjenu aktivaciju antagonista. Dokazano je da smanjena aktivacija antagonista dovodi do povećanja jakosti. Pretjerana aktivacija antagonista prisutna je kod starijih osoba sa različitim neurološkim disfunkcijama. Prilikom izvođenja balističkih pokreta dolazi do koaktivacije koja je izrazito potrebna za stabilizaciju zglobova, preciznost i koordinaciju pokreta (Marković, 2008).

## 2.2. Periferni faktori u proizvodnji mišićne sile

Najpoznatiji mehanizam mišićne prilagodbe na trening jakosti je hipertrofija odnosno povećanje poprečnog presjeka mišića. Riječ je o povećanju količine kontraktilnih proteina u mišiću koje omogućuje proizvodnju veće sile (Marković, 2008). Poznato je da mišići sa većim poprečnim presjekom proizvode veću silu nego isti mišići sa manjim (Zatsiorsky i Kraemer, 2006). Mišićna sila je produkt aktivnosti mišićnih podjedinica (sarkomera, miofibrila i mišićnih vlakana). Povećanje mišića je posljedica povećanja pojedinačnih vlakana a ne njihovih dijeljenja (hiperplazija) stoga osobe sa većim brojem vlakana u mišiću imaju veću predispoziciju u sportovima kao što je Olimpijsko dizanje utega ili bodybuilding. Postoje dvije vrste mišićne hipertrofije: sarkoplazmatska i miofibrilarna. Sarkoplazmatska je okarakterizirana povećanjem količine sarkoplazme (interfibrilarna supstancija) i nekontraktilnih proteina. U miofibrilarnoj dolazi do povećanja mišićnih vlakana na račun većeg broja miofilamenta odnosno aktina i miozina. Potonja je povezana sa većom proizvodnjom sile (Zatsiorsky i Kraemer, 2006).

Bitna promjena odnosi se na promjenu arhitekture mišića odnosno povećanje kuta hvatanja mišića na tetivu čime dolazi do povećanja presjeka mišića bez hipertrofije. Trening s visokim opterećenjem dovodi do ovih promjena koje rezultiraju većom proizvodnjom sile dok pokreti opisani kao eksplozivni odnosno izvedeni velikom brzinom smanjuju kut hvatanja mišića na tetivu (Marković, 2008).

### 2.3. Vršni gradijent sile

Proizvedena sila ne ovisi samo o pokretu koji se izvodi (npr. čučanj) nego i o položaju tijela (posturi), brzini izvođenja pokreta, veličini i vrsti opterećenja i drugim čimbenicima. Što je veće opterećenje to je i veća sila. Sportska izvedba zahtjeva maksimalno naprezanje za postizanje što boljih rezultata. Jedan od faktora koji se posebno ističe jest vrijeme potrebno za proizvesti silu. Dokazano je da generiranje visokih razina sile utječe na poboljšanje sportske izvedbe (McBride, 2016) ali se realne sportske situacije ne uklapaju u vremensko razdoblje za dostizanje istih.

Vršni gradijent sile (eng. *the rate of force development-RFD*) jedna je od mjera za eksplozivnu jakost odnosno brzine proizvodnje mišićne sile. Stoga, unapređenje gradijenta sile dovodi do veće „eksplozivnosti“ sportaša, tj. sposobnosti generiranja što veće sile u što kraćem vremenskom razdoblju (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, Dyhre-Poulsen, 2002). S obzirom da je trajanje pokreta u rasponu od 0-200 ms nemoguće je očekivati postizanje maksimalne sile ako je za to potrebno barem 300 ms (McBride, 2016). Bilo koje povećanje vršnog gradijenta momenta sile je bitno jer omogućuje postizanje veće razine sile u početnoj fazi mišićne kontrakcije (npr. u početnih 100-200 ms kontrakcije). Sposobnost brze proizvodnje sile u početnoj fazi voljne kontrakcije nije samo bitna sportašima već i osobama starije dobi koji se moraju suprostaviti perturbacijama i održati ravnotežu i na taj način izbjeći pad (Maffiuletti et al., 2016).

Eksplozivno generiranje sile ovisi i o vrsti mišićne kontrakcije. Najveću eksplozivnu jakost mišić može proizvesti u takvom režimu rada mišića kod kojeg eksplozivnoj koncentričnoj kontrakciji prethodi kratko i brzo predistezanje aktivnog mišića - ekscentrična kontrakcija (Marković, 2009). Za razvoj gradijenta sile može se primjeniti trening s velikim vanjskim opterećenjem kao i trening eksplozivnog karaktera iako se navodi kako potonji ima bolji utjecaj na maksimalan razvoj proizvodnje sile i aktivacije mišića na početku kontrakcije (Maffiuletti et al., 2016).

Generiranje sile ne ovisi samo o vrsti mišićne kontrakcije već i o velikom broju drugih faktora. Na primjer, brzim mišićnim kontrakcijama preko redukcije praga podraživanja u regrutiranju motoričkih jedinica i povećanju razine pražnjenja motoričkih jedinica na početku kontrakcije. Brza kontrakcija mišića pod utjecajem je faktora na spinalnoj i supraspinalnoj razini (Maffiuletti et al., 2016). Dakle, u pozadini eksplozivnog generiranja sile nalaze se brze mišićne kontrakcije. Slični mehanizam javlja se i tijekom održavanja ravnoteže. Vježbe ravnoteže specifične su radi visoke

razine aktivacije motoričkih jedinica, kratkog trajanja kontrakcije i visokog vršnog gradijenta momenta sile, što također opisuje zadatke eksplozivne jakosti. Schubert i suradnici (2008) navode da brzina ispoljavanja sile tijekom održavanja ravnoteže može djelovati na sposobnost brzog ispoljavanja maksimalne sile, tj. na eksplozivnu jakost.

## 2.4. Metodika treninga jakosti

Za razvoj bilo koje motoričke sposobnosti potrebno je odabrati prikladnu vježbu, optimalno opterećenje, adekvatan odmor i metodu rada. Veliki doprinos u razvoju metoda za razvoj jakosti i snage dali su sportovi: a) dizanje utega, b) atletika, c) body-building, d) sportska gimnastika i drugi. Prema Markoviću i Perušku (2003) razlikujemo 2 skupine metoda za razvoj jakosti: 1.) Funkcionalne metode i 2.) Strukturalne metode.

Funkcionalne metode za razvoj jakosti primarno su usmjerene na poboljšanja koja se dešavaju na neuralnoj razini – unutar mišićna i međumišićna koordinacija.

Strukturalna skupina metoda dovodi do povećanja jakosti prvenstveno kroz strukturalne promjene u mišićima – hipertrofija mišića.

Ovakva podjela metoda ne podrazumijeva isključivo promjene samo na neuralnoj ili strukturalnoj razini već u praksi dolazi do poboljšanja i u jednoj i u drugoj s naglaskom u dominaciji pojedinih promjena.

### 2.4.1. Funkcionalne metode

#### 1. Metoda maksimalnih naprežanja

Ovu skupinu funkcionalnih metoda karakteriziraju maksimalna (90 – 100%) i supramaksimalna (do 150% od max; maksimalne ekscentrične akcije) opterećenja. Metode treninga koje pripadaju ovoj skupini služe za razvoj maksimalne jakosti a preporučaju se iskusnim vježbačima koji imaju višegodišnja iskustva u treningu jakosti. Metode maksimalnih naprežanja su:

a) *Metoda maksimalnih dinamičnih kontrakcija.* Ova metoda podrazumijeva korištenje submaksimalnih i maksimalnih opterećenja (3RM do 1RM) koje sportaš može savladati u koncentričnoj i ekscentričnoj fazi pokreta. Izvode se 4 serije sa 3-5 minuta pauze između serija.

b) *Metoda izometričnih naprežanja*. Metoda se provodi na dva načina. Prvi način podrazumijeva maksimalni izometrični podražaj pokušnog pokreta tj. podizanje ili pomicanje nepokretnog utega. Drugi način podrazumijeva izdržaj u nekom položaju koji aktivira neki mišić ili skupinu mišića.

c) *Metoda ekscentrične kontrakcije*. Kod ove metode izvodi se ekscentrični dio pokreta u supramaksimalnim opterećenjima (130 – 150%). Trajanje ekscentričnog dijela pokreta iznosi 5 – 6 sekundi što se ponavlja se 4 – 5 u 3 serije. Ova metoda zahtijeva dva asistenta koji pomažu oko koncentričnog dijela pokreta.

## 2. Metoda eksplozivnih dinamičnih podražaja

Ova skupina metoda pogodna je za razvoj eksplozivne jakosti tj. vršnog gradijenta momenta sile. Karakterizira ju ispoljavanje maksimalne sile s ciljem što većeg ubrzanja manjih i srednjih opterećenja (40 – 70%). Metode su sljedeće:

a) *Brzinsko – snažna metoda*. Karakterizira ju savladavanje relativno manjih (30 – 50%) i srednjih opterećenja (60 – 70%) izvodeći koncentrični dio pokreta maksimalni brzo. Vježbe se ponavljaju 5 – 6 serija sa po 3 – 10 ponavljanja pazeći na adekvatan odmor kako bi se svako sljedeće ponavljanje izvelo sa maksimalnom brzinom a faktor umora sveo ne minimum. Na taj način je moguće ispoljiti veliku „mehaničku“ snagu.

b) *Balistička metoda*. Kod balističke metode opterećenje (uteg, medicinka, kugla ili vlastita masa) se nastoji u koncentričnoj fazi maksimalno ubrzati i izbaciti u slobodan prostor. Cilj je eksplozivnim ispoljavanjem sile ubrzati opterećenje te ga izbaciti što je moguće dalje (npr. medicinka) ili više (npr. skok iz čučnja sa utegom na ramenima). Ključan faktor je brzina stoga se vježbe izvode dok ju je moguće održati na visokoj razini. Vježbe se izvode u 3 – 5 serija sa po 6 – 12 ponavljanja, dok opterećenje mora biti manje od 30% od maksimuma.



### 3. Reaktivna metoda

Reaktivne metode treninga i sadžaji karakteristični su po ekscentrično – koncentričnom ciklusu tj. mišićnoj akciji u kojoj koncentričnoj fazi prethodi brza faza istežanja mišićno–tetivnog sustava. U tim metodama mora biti visoki gradijent sile u prijelazu iz ekscentrične u koncentričnu fazu u kojoj se iskorištava elastična karakteristika mišićno – tetivnog sustava čime se pospješuje ispoljavanje sile. Takav pokret mora bit izveden tako da prijelaz ne traje dulje od 250 ms.

a) *Pliometrija*. Osnovni cilj ove metode treninga je povećanje eksplozivne jakosti i reaktivne sposobnosti mišićno-tetivnog sustava, tj. elastične snage. Ova metoda obuhvaća različite varijante horizontalnih i vertikalnih skokova i poskoka u mjestu, iz mjesta, te u kretanju.

b) *Kontrastna metoda*. Ova metoda treninga, utemeljena od strane bugarskih i ruskih trenera, u izvornom se obliku bazira na kombiniranoj primjeni velikih i malih opterećenja unutar jednog treninga, pri čemu velika opterećenja prethode malima. Postoje dva osnovna načina primjenjene kontrastne metode: a) kombiniranje podizanja velikih i malih opterećenja između serija vježbi; i b) kombiniranje podizanja velikih i malih opterećenja unutar serija (superserije). Prvi način podrazumijeva podizanje velikih opterećenja u jednoj vježbi (+90%) kroz nekoliko serija, nakon čega slijedi izvođenje strukturalno i biomehanički slične vježbe sa malim opterećenjem ali maksimalno brzo. Drugi način primjene kontrastne metode je grupirati dvije vježbe (ili više njih) te ih izvoditi unutar jedne velike serije (superserije) tako da se neprestano izmjenjuje rad s velikim opterećenjima i rad s malim opterećenjem ali maksimalnom brzinom izvođenja. Primjer ovog načina primjene kontrastne metode je tzv. „ruski kompleks“ :

-Stražnji čučanj: 2 serije sa po 2 do 3 ponavljanja sa 90% od 1RM. Pauza između dvije serije je 3 do 4 minute, a nakon druge serije 4 do 6 minuta.

## 2.4.2. Strukturalne metode

### Metoda ponavljanja

Ovu skupinu metoda karakterizira savladavanje srednjih opterećenja (50-80% od 1 RM) sa većim brojem ponavljanja (najčešće između 6 i 12). Ponavljanje je moguće izvoditi do pojave mišićnog umora (submaksimalni uloženi napor) ili do „otkaza“ (maksimalni uloženi napor). Tijekom poslijednjih ponavljanja rada do „otkaza“ prethodno aktivirana mišićna vlakna prestaju s kontrakcijom uslijed umora, pa živčani sustav aktivira „nova“ do tada neaktivirana mišićna vlakna u rad. Kako se hipertrofija odvija samo u aktiviranim mišićnim vlaknima, metoda ponavljanja sa maksimalnim uloženi naporom će rezultirati aktivacijom većeg broja mišićnih vlakana te shodno tome izazvati i veću hipertrofiju mišića. Samim time će i prirast snage kod maksimalnih napora biti veći. Metode koje spadaju u grupu metoda ponavljanja su slijedeće:

- a) *Standardna metoda*. Ovu metodu karakterizira savladavanje konstantnog opterećenja od 80% u 3 do 5 serija sa brojem ponavljanja između 7 i 10. Pauze između serija su između 3 i 4 minute.
- b) *Ekstenzivna bodybuilding metoda*. U klasičnom se bodybuilding treningu ova metoda često koristi svrhu ekstenzivnog pražnjenja energetskih zaliha mišićne mase. Izvodi se 3 do 5 serija sa po 12 do 20 ponavljanja, pri čemu je opterećenje između 60 i 70%. Pauze između serija su relativno kratke (do 1-2 minute). Stoga je ova metoda pogodna i za razvoj repetitivne snage.
- c) *Intenzivna bodybuilding metoda*. Ova metoda pak, služi za intenzivno pražnjenje energetskih zaliha mišićne mase. Osim toga joj i drugi naziv intenzivna bodybuilding metoda. Sa opterećenjem između 85 i 95% izvodi 3 do 5 serija, dok broj ponavljanja varira između 5 i 8. Pauze između serija su 3 minute. Unutar ove dvije bodybuilding metode postoje brojni sistemi (varijante) treninga koje bodybuilderi primjenjuju u svom treningu, a sve u cilju izazivanja što većih adaptivnih promjena na periferiji, tj. mišićima.

### 3. RAVNOTEŽA

Ravnoteža (*eng. balance*) se može definirati kao sposobnost održavanja centra gravitacije (*eng. centre of gravity*) unutar oslonačne površine (Nashner, 1985). Ravnoteža je zapravo drugi termin za kontrolu posture (kontrola položaja tijela). Također, ravnoteža se može definirati na tri načina: kao sposobnost održavanja pozicije, kao sposobnost voljnog kretanja i kao sposobnost tijela da reagira na promjene (Goldenberg i Twist, 2002). Najčešća podjela ravnoteže je na statičku, kao sposobnost održavanja tijela unutar potporne površine i dinamičku, kao sposobnost održavanja ekvilibrija tijekom tranzicije iz dinamičkog u statičko stanje ili iz jednog statičkog položaja u drugi. U literaturi se za opis ove sposobnosti još koriste termini posturalna stabilizacija (*eng. postural stabilisation*), posturalna ravnoteža (*eng. postural equilibrium*) ali i termini kao senzomotorički trening, neuro-muskularni trening, proprioceptivni trening kao metode za razvoj ravnoteže. Za potrebe ovog diplomskog rada koristiti će se termin ravnoteža.

Sposobnost uspostavljanja i zadržavanja ravnoteže ovisi o većem broju živčano-mišićnih čimbenika, tj. uz vestibularni, vizualni te somatosenzorni dio perifernog živčanog sustava (zahvaljujući kojima informacije o tijelu neprestano dolaze u središnji živčani sustav) kao i jakosti mišića donjih ekstremiteta. Iz navedenog se zaključuje da proces održavanja ravnoteže nije nimalo jednostavan već je ovisan o više senzornih centara čije stanice skupljaju informacije i potom se integriraju u višim centrima radi najboljeg odgovora. Pored navedenih mehanizama nužno je spomenuti i mali mozak (*cerebellum*) koji doprinosi u kontroli pokreta i održavanju ravnoteže. Mali mozak sličan je građi velikog mozga. Prima ulazne informacije iz većeg broja područja moždane kore uključujući i motorički dio, iz vestibularnog sustava te preko leđne moždine iz kinestetičkih receptora. Naime, on je važan za kontrolu pokreta i igra veliku ulogu u održavanju ravnoteže i lokomocije. Prihvaćeno je da različite regije maloga mozga igraju integrativnu ulogu u kontroli različitih ponašanja koja uključuju voljne pokrete ekstremiteta, pokrete oka, ravnoteže, lokomocije ali i više moždane (kognitivne) funkcije. Sve navedeno temelji se na anatomiji povezanosti aferentnih i eferentnih puteva maloga mozga kao i živčanih zapisa i studija povreda (lezija). Neki od najznačajnijih znakova ozljeda maloga mozga su smanjena ravnoteža i otežan hod. Abnormalnosti u ravnoteži okarakterizirane su povećanim posturalnim otklonom (*eng.*

*postural sway*), prenaplašenim ili nepostojanim odgovorom na perturbacije ili narušavanje ravnoteže, slaba kontrola ravnoteže uslijed pokreta ekstremiteta te abnormalne oscilacije u trupu. Često prisutan je i ataksični hod odnosno nekoordiniran hod opisan kao “hod pijanca” (Morton i Bastian, 2004).

U održavanju ravnoteže sudjeluju zglob gležnja, koljenski zglob, zglob kuka te pripadajuća muskulatura potkoljenice, natkoljenice i svi mišići trupa. Stavovi su zadržani i očuvani različitim strategijama održavanja ravnoteže. U anterior-posteriornom smjeru ravnoteža je primarno zadržana dorzalnom fleksijom/ekstenzijom skočnog zgloba i fleksijom/ekstenzijom kuka, dok je u medio-lateralnoj kretnji ravnoteža zadržana inverzijom/everzijom gležnja i adukcijom i abdukcijom kuka (Sarabon, Hirsch i Majcen, 2016). Zbog svoje svoje upletenosti u gotovo svaki oblik kretanja Gambetta i Gray (1995) navode kako je ravnoteža jedna od najvažnijih komponenata sportaševih sposobnosti.

Jedan od pristupa koji omogućava bolje razumijevanje ravnoteže jest definiranje fizioloških i biomehaničkih mehanizama koji se nalaze u podlozi održavanja uspravne pozicije, hodanja kao i sigurna i efikasna interakcija s okolinom. Razumijevanje tih sistema i njihov doprinos u održavanju posturalne kontrole omogućuje nam sistematičnu analizu poremećaja ravnoteže koji utječu na svakog pojedinca (Horak, 2006). Posljedično dolazimo do preciznijih zaključaka koji dio ove sposobnosti treba tretirati. Na primjer, nepotrebno je osobi sa nestabilnim gležnjem zadati zadatke u sjedećoj poziciji na pilates lopti ili osobi koja ima problema sa vestibularnim sustavom preporučiti jačanje ekstremiteta nogu ako u mračnim i slabo vidljivim prostorijama gubi ravnotežu.

Trening ravnoteže (eng. *balance training, sensorimotor training*) razvijen je od strane češkog fizijatra i neurologa dr. Vladimira Jande, kao sastavni dio tretmana u liječenju kroničnog mišično-skeletnog bolnog sindroma. Dr. Janda je primijetio da je nemoguće odvojiti senzorički dio od motoričkog dijela u kontroli ljudskog pokreta stoga je uveo termin “senzomotorički sistem”. Isti autor ističe dobrobiti takvoga oblika vježbanja u postizanju posturalne stabilnosti, rješavanju mišićnih disbalansa te uspostavu normalnog motoričkog programiranja u osoba oboljelih od kroničnog bolnog sindroma (Page, 2006).

### 3.1. Biomehanički i fiziološki mehanizmi ravnoteže

Nekad se smatralo da je kontrolu ravnoteže činio skup refleksa koji su stimulirali korekcije u ravnoteži na temelju vizualnih, vestibularnih i somatosenzornih podražaja. Iz navedenoga proizlazi da postoje jedan ili više “centara” koji su bili odgovorni za kontrolu ravnoteže (Horak, 2006). Danas se zna da je mehanizam kontrole složeniji. Osjećanje pozicije centra gravitacije (eng. *centre of gravity, COG*) u odnosu na gravitaciju i oslonačnu površinu zahtjeva kombinaciju vizualnog, vestibularnog i somatosenzornog (osjet, pritisak, zglobovi i mišićni receptori) inputa. Razlog tomu leži u mogućnosti dostavljanja informacije koja je neispravna i neprecizna za održavanje ravnoteže (Nashner, 2016). Na primjer, ako se osoba nalazi blizu autobusa koji se iznenada počne kretati prema naprijed trenutno se može pojaviti dezorijentiranost i nestabilnost. U vrlo kratkom vremenu mozak mora detektirati radi li se o njihanju prema nazad ili kretanju busa prema naprijed. Isto tako, ako dođe do toga da je potporna površina nagnuta prema dolje mozak mora odrediti da li je površina nagnuta prema dolje ili je tijelo nagnuto prema nazad. U takvoj situaciji u kojoj je došlo do senzornog “konflikta” potrebno je odabrati ispravan input kako bi se odabrale najpreciznije a odbacile one prijetvorne. Takav process odabira i kombiniranja prihvatljive senzorne informacije zove se senzorna organizacija (eng. *sensory organization*) (Nashner, 2016).

### 3.2. Biomehanička ograničenja

Čovjekova postura prirodno je nestabilna zbog sljedećih razloga: 1.) visoko postavljeno težište, 2.) puno zglobova uzduž longitudinalne osi tijela i 3.) mala potporna površina (Latash, 1998). Iz navedenih razloga živčani sustav mora konstantno usklađivati pokrete u različitim zglobovima kako bi čovjek održao uspravan stav. Najvažnije biomehanička ograničenja u održavanju ravnoteže su veličina i kvaliteta oslonačne površine - stopala. Svaka promjena u veličini, jakosti, opsegu pokreta i kontroli stopala utjecat će na ravnotežu (Horak, 2006). Oslonačna površina tijekom stajanja na ravnoj i čvrstoj površini je definirana kao površina sadržana unutar opsega kontakta između površine i stopala (Nashner, 2016). Oslonačna površina se mijenja prilikom

različitih stavova od četverokuta prilikom normalnog stajanja sa stopalim u širini kukova pa do paralelograma u dijagonalnoj poziciji (pozicija ispada).

Sljedeći bitan ograničavajući faktor je centar mase tijela (eng. *centre of mass, CoM*) kojeg je potrebno održati unutar oslonačne površine. Čim se centar mase tijela premjesti izvan granica oslonačne površine, dolazi do narušavanja ravnoteže što zahtjeva ponovnu uspostavu u obliku iskoraka. Tijekom stajanja površina iznad koje osoba može kretati svoj centar mase tijela i zadržati ravnotežu bez promjene oslonačne površine naziva se limit stabilnosti (eng. *limits of stability*) a poprima oblik obrnutog stožca (Horak, 2006). Limit stabilnosti ovisi o položaju stopala, karakteristikama oslonačne površine te visine centra mase tijela odnosno o visini osobe. Što je osoba viša to je odstupanje u antero-posteriornom i medio-lateralnom kretanju veće i zahtjeva širi stav stopala dok je to kod nižih osoba obrnuto (Nashner, 2016). Osobe sklone padanju imaju mali limit stabilnosti. Poremećaj u funkciji bazalnih ganglija kao što je parkinsonova bolest, može narušiti limit stabilnosti čime se povećava posturalna nestabilnost.

U situacijama kad je zbog vanjskih perturbacija izgubljena ravnoteža potrebno je koordiniranim pokretom ponovno uspostaviti isto a to je moguće pomoću tri strategije: 1.) strategija gležnja, 2.) strategija kuka, 3.) strategija iskoraka (Nashner, 2016). Strategija gležnja je primjerena za zadržavanje ravnoteže prilikom manjeg njihanja u mjestu na čvrstoj podlozi dok je strategija kuka primjenjiva u situacijama kada je moment gležnja neadekvatan ili prilikom brzog prijenosa centra mase tijela (Horak, 2006). Elektromiografija pokazuje aktivnost mišića gastrocnemiusa prilikom posturalnog pokreta prema nazad dok je mišić tibialis anterior aktivan prilikom pokreta prema naprijed uz aktivno sudjelovanje mišića natkoljenice i donjih mišića trupa koji se odupiru destabilizaciji (Nashner, 2016). Starije osobe koriste češće strategiju kuka zbog veće sigurnosti dok je strategija gležnja efektivnija ali i izazovnija (Latash, 1998). Tehnika iskoraka je češća tijekom hoda i jedini je način ponovne uspostave i spriječavanje pada kad je centar mase daleko izvan granica limita stabilnosti (Nashner, 2016). Starenje živčano-mišićnog sustava pod utjecajem je strukturalnih i funkcionalnih promjena koje rezultiraju usporavanjem izvedbe i povećavaju mogućnost od pada. Posljedično, proces starenja rezultira u smanjenoj sposobnosti proizvodnje maksimalne i eksplozivne sile kao i smanjenoj statičkoj i dinamičkoj kontroli posture odnosno ravnoteže (Granacher i sur., 2008).

### 3.3. Fiziološki mehanizmi ravnoteže

Postura i gibanje kontrolirani su kompleksnom interakcijom centralnih i perifernih živčanih mreža. Tako velika količina informacija, koje mi nismo ni svjesni, prima se iz različitih izvora smještenih po cijelom tijelu: od mišića, tetiva, zglobova pa do kože i unutarnjeg uha. Takve informacije pretvaraju se u živčane impulse koji putuju živcima u posebna središta koja obrađuju te informacije kako bi dale najbolji odgovor za novonastalu situaciju. Tako precizne informacije potrebne su za suprostavljanje gravitacijskoj sili kao i za izvođenje koordiniranih pokreta ali i odupiranje perturbacija izazvanih pokretom vlastitih udova ili izazvanu vanjskim čimbenikom.

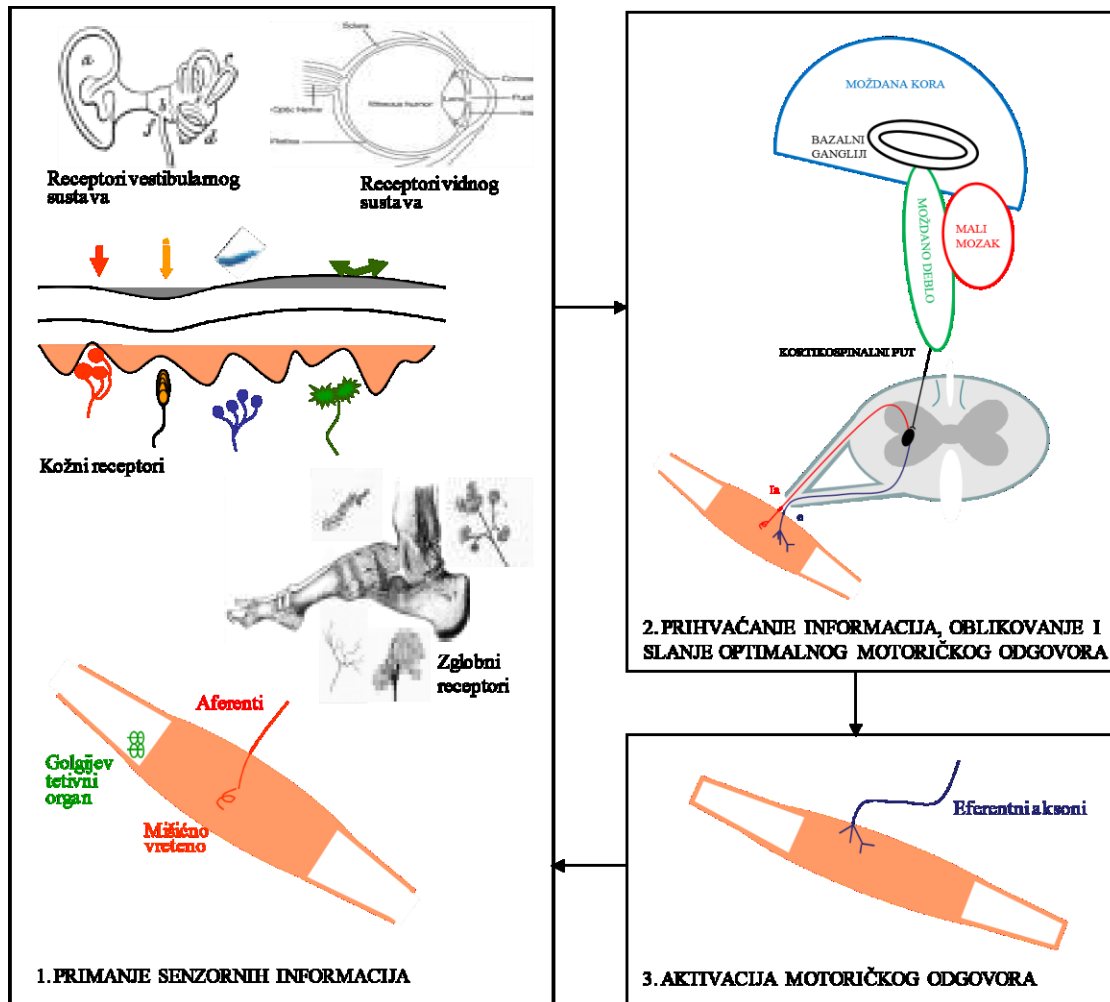
Kako bi se razlikovao doprinos povratnih informacija iz različitih izvora potrebno je razlikovati tri tipa receptora: 1.) eksteroreceptori, 2.) interseptori i 3.) propioceptori.

Eksteroreceptori pretvaraju informacije iz okoline (vizualne, zvučne, itd.) u impulse koji putuju u središnji sustav. Interceptor pruža informacije o stanju unutar organizma. Propriocepcija omogućuje informacije o kretanju i orijentaciji tijela i tjelesnih segmenata u prostoru. Proprioceptori su glavni izvor informacija kad je u pitanju regulacija ravnoteže te stabilizacija zglobova. Nadalje, propriocepcija ima svoja 3 modaliteta: 1.) kinestezija odnosno svjesnost o promjeni pozicije zgloba jedan u odnosu na drugi, 2.) prostorni osjet odnosno položaj tijela u prostoru i 3.) osjet sile odnosno količina sile proizvedena za pokretanje zglobnog sustava (Dietz, 2003). Ovako opisani dio živčanog sustava prima informacije te ih aferentim putevima šalje u više centre gdje dolazi do obrade pristiglih informacija. Tako opisani sustav kojeg čine veliki broj osjetnih stanica različitih zadataka naziva se somatosenzorni sustav nasuprot eferentom ili motoneuronalnom sustavu kojeg čine mišići odnosno efektori.

Osjetilo vida je jedan od najvažnijih izvora senzornih (osjetnih) informacija za usmjeravanje svakodnevnih voljnih pokreta. Razlog tomu je raznovrsnost i sadržajnost informacija o orijentaciji i zato što se svaki pokret izvodi uz vizualnu kontrolu (Nashner, 2016). Informacije pristigle iz vizualnog, vestibularnog i ostalih receptora ponekad se ne preklapaju stoga se nastoji vjerovati onome što vidimo pa se vid naziva i dominantni senzorni model. Vestibularni sustav, smješten u unutrašnjem uhu kao sastavni dio slušnog labirinta, odgovoran je za osiguravanje informacija o orijentaciji i o položaju cijeloga tijela u prostoru. Senzorne stanice reagiraju na kretanje endolimfe u tri dimenzije. Postoje dvije vrste receptora koje detektiraju informacije: polukružni kanalići i otolitni organi. Polukružni kanalići sastoje se od kanala koji registriraju horizontalno, bočno i

vertikalno kutno ubrzanje glave i imaju dinamičnu funkciju u kojoj kontroliraju rotaciju glave u prostoru te refleksnu kontrolu pokreta oka. Otolitni organi pružaju informacije o linearnom horizontalnim i vertikalnom kretanju glave te posreduju u statičkoj funkciji vestibularnog sustava (Latash, 1998). Sposobnost održavanja ravnoteže ovisi i o uzlaznim osjetilnim informacijama koje su nužne da bi više strukture živčanog sustava bile neprekidno informirane o trenutačnom stanju na periferiji. Kako bi to bilo moguće, mišići i tetive obilno su opskrbljeni dvjema vrstama proprioceptora: 1) mišićnim vretenima, koji se nalaze u trbuhu mišića i šalju informacije o dužini mišića i o brzini kojom se ona mijenja te 2) Golgijevim tetivnim organima koji se nalaze u mišićnim tetivama i šalju informaciju o mišićnoj napetosti. Informacije koje odašilju zglobni receptori (promjena u napetosti zglobne čahure i promjena kuta u zglobu) i kožni receptori (pogotovo mehanoreceptori koji zamjećuju promjene pritiska ispod stopala i čija se uloga indirektno prati putem oscilacija centra pritiska – CP), također doprinose održavanju ravnoteže (Trošt Bobić, 2012). Slike 1 shematski prikazuje neprekidno pristizanje osjetnih informacija, njihovu obradu i davanje naredbe u obliku motoričkog odgovora.





Slika 1. Shematski prikaz neprekidne interakcije senzornog ulaza, procesiranja informacija i motoričkog odgovora u održavanju ravnoteže. (1) Sensorni receptori u mišićima, zglobovima, na koži, u vestibularnom i vidnom sustavu primaju informacije iz okoline te ih šalju prema (2) središnjem živčanom sustavu gdje se one procesiraju na spinalnoj, supkortikalnoj ili kortikalnoj razini. Središnji živčani sustav eferentnim putovima šalje informaciju o načinu korigiranja položaja tijela (3) do mišića koji izvodi planirani motorički odgovor. Izvedena kontrakcija opet pobuđuje mišićne i tetivne receptore (1) te se krug zatvara i proces neprekidno ponavlja (Trošt Bobić, 2012).

### 3.4. Metodika ravnoteže

Istraživanja su pokazala da trening ravnoteže obnavlja mehanizme dinamične stabilizacije, unapređuje živčano-mišićnu efikasnost i stimulira zglobne i mišićne receptore kako bi slali veliku količinu senzornih informacija u središnji živčani sustav. Na taj se način unapređuje propriocepcija, kinestezija i centralno procesiranje koje u konačnici može poboljšati izvedbu i smanjiti mogućnost ozljeda.

Kao što je spomenuto ranije, ravnoteža je prisutna u svakom pokretu. U sportu ravnoteža ne djeluje samostalno stoga se na nju ne treba gledati kao na posebnu komponentu treninga. Integrirani program treninga treba uklopiti ravnotežu u opsežan, višekomponentni program treninga fleksibilnosti, pliometrije, SAQ-a, program treninga s otporom i kardiorespiratorni trening. Dizajniranje integriranog programa treninga zahtjeva odabir pravih vježbi koje moraju biti sigurne, izazovne, koje se izvode u svim ravninama pokreta, koje uključuju različite osjetilne sustave i kombinirati elementarne oblike održavanja ravnoteže i specifične vrste kretanja tipične za pojedini sport. Potrebno je poštovati princip progresije vježbi na način da se izvodi od sporijih prema bržim, od jednostavnih ka složenim, od poznatih ka nepoznatim, od statičkih prema dinamičnim, od stabilne podloge prema nestabilnim podlogama, otvorenim pa zatvorenim očima, a što je najbitnije pokret se mora temeljiti na kvaliteti a ne kvantiteti (Clark i Lucett, 2010).

Prema Milanoviću (2013) u razvoju ravnoteže vrlo su bitni podražaji:

- a) *dinamične stabilizacije* u kojima je potrebno održavati ravnotežni položaj bez narušavanja i s narušavanjem položaja nekom vanjskom silom.
- b) *brzog uspostavljanja i održavanja ravnotežnog položaja*. Ovaj način podrazumijeva uspostavljanje ravnoteže nakon prethodnoga kretanja, primjerice, doskok na jednu nogu nakon laganog trčanja.
- c) *propriocepcijskog treninga ravnoteže*. Ovaj program podrazumijeva primjenu raznih platformi koje mogu biti različitog oblika koje sportaše dovode u uvjete otežanog održavanja ravnoteže.

Nacionalna akademija sportske medicine (*eng. National Academy of Sports Medicine, NASM*) dizajnirala je sistematičan, progresivan i integrirani program za razvoj ravnoteže podjeljen u tri razine (Clark i Lucett, 2010).

1.) Prvu razinu čine vježbe koje se koriste u svrhu stvaranja stabilnosti zglobova. Izometrične vježbe dovode do statičke kompresije zglobnih receptora koji pružaju refleksnu stabilizaciju zglobova. Perturbacije izazvane pokretima ekstremiteta potiču međusobnu interakciju receptora radi boljeg odgovora u ponovnoj uspostavi ravnoteže. Posljedično se povećava senzitivnost mišićnog vretena čime se poboljšava živčano-mišićna efikasnost.

Vježbe koje pripadaju u ovu razinu mogu se podijeliti na jednostavne jednonožne vježbe, zatim jednonožne vježbe sa pomicanjem ruku koje izazivaju perturbacije, vježbe na različitim površinama kao npr. grede, zračni jastuci, spužve, valjci. Također, koriste se vježbe u više ravnina kao što su odnoženja, prednoženja i kružni pokreti nogom ali i vježbe u kojima su zastupljeni pokreti horizontalnog i vertikalnog potiska, povlačenja i rotacije.

2.) Drugu razinu čine dinamičnije vježbe koje uključuju ekscentrične i koncentrične pokrete noge na kojoj se održava ravnoteža kroz cijeli opseg pokreta. Pokreti zahtjevaju visoku razinu dinamične kontrole tijekom koji završavaju izometričnom stabilizacijom na kraju pokreta. Živčani zahtjevi postaju sve veći dok se brzina i specifičnost vježbi povećava.

Primjeri vježbi su sljedeći: jednonožni čučanj, jednonožni čučanj u kombinaciji sa potiskom iznad glave, jednonožno mrtvo dizanje, nagazni korak na povišenje do jednonožnog stajanja, iskorak do jednonožnog stajanja i brojni drugi.

3.) Treću i posljednju razinu čine vježbe koje zahtjevaju visoku razinu ekscentrične jakosti, dinamične živčano-mišićne efikasnosti i reaktivne stabilizacije zglobova. Skupine vježbi mogu se podijeliti na skokove na jednoj nozi ili skokove s jedne noge na drugu u svim ravninama.

## 4. UTJECAJ RAVNOTEŽE NA JAKOST

Veliki broj istraživanja provedenih početkom stoljeća obogatilo je spoznaje o ravnoteži i jakosti kao i njihovoj povezanosti. Brojni su se znanstvenici bavili tematikom utjecaja ravnoteže na mišićnu jakost (Hupperets, Verhagen i van Mechelen, 2009; Heitkamp, Horstmann, Mayer, Weller i Dickhut, 2001; Gruber i Gollhofer, 2004; Deussen i Alfuth, 2018; Granacher i sur., 2011; Granacher, Gollhofer i Kriemler, 2010). Velik interes za ove sposobnosti je opravdan s obzirom da su to sposobnosti koje su prisutne u svakom pokretu. Njihov velik utjecaj omogućuje bolju izvedbu za populaciju čiji je cilj sportsko dostignuće dok s druge strane većini populacije omogućuje normalno funkcioniranje i obavljanje svakodnevnih potreba. Jednostavan pokret kao što je brzi pomak ruke u osoba slabe ravnoteže predstavlja opasnost koja može rezultirati padom.

Trening ravnoteže korišten je za rehabilitaciju ozljeda gležnja i posturalnih deficita (Granacher, Gollhofer, Kriemler; McGuine i Keene, 2006). Isto tako, dokazan je utjecaj treninga ravnoteže na razvoj posturalne stabilnosti, jakosti donjih ekstremiteta i skakačkih sposobnosti u zdravih osoba mlađe, srednje i starije životne dobi (Granacher, Muehlbauer, Maestrini, Zahner, Gollhofer, 2011). Vježbe ravnoteže specifične su radi visoke razine aktivacije motoričkih jedinica, kratkog trajanja kontrakcije i visokog vršnog gradijenta momenta sile. Čini se da brzina ispoljavanja sile tijekom održavanja ravnoteže može djelovati na sposobnost brzog ispoljavanja maksimalne sile, tj. na eksplozivnu jakost (Schubert i sur., 2008). Istraživanja koja su se bavila promjenama izazvanim treningom ravnoteže usmjerena su na promjene u maksimalnom vršnom gradijentu sile, maksimalnoj voljnoj (izometrijskoj) kontrakciji kao i promjene u eksplozivnoj jakosti tipa skoka (Taube i sur., 2006; Gruber i sur., 2007; Gruber i Gollhofer, 2004). Gollhofer (2000) u svom istraživanju u trajanju od četiri tjedna (četiri treninga tjedno) postigao je minimalno povećanje mišićne jakosti u 3 proučavane skupine ispitanika, dok se vrijeme potrebno za postizanje maksimalnog vršnog gradijenta sile smanjilo, a vrijednosti gradijenta sile povećale.

Heitkamp i suradnici (2001a) istražili su utjecaj trening ravnoteže na muškarce i žene sa sedentarnim poslovima koji su barem jednom tjednom fizički aktivni. Rezultati pokazuju srednje povećanje u jakosti mišića ekstenzora koljena od 12.1% i mišića fleksora od 12% kod muškaraca

i žena. Osim poboljšanja u jakosti došlo je do smanjivanja razlika između jakosti ekstremiteta lijeve i desne noge.

U istraživanju provedenom od strane Heitkampa i suradnika (2001) potvrđeno je da se sa šestotjednim treningom ravnoteže dolazi do poboljšanja mišićne jakosti ekstenzora koljena za 12% dok su fleksori postigli sličan napredak. Autori navode mogućnosti za rješavanje mišićnog disbalansa primjenom treninga ravnoteže. Da trening jakosti poboljšava eksplozivnu jakost i živčano-mišićnu aktivaciju na početku pokreta, ali ne i maksimalnu jakost, potvrdili su Gruber i Gollhofer (2004) s naglaskom na poboljšanje u početnih 0-30 ms i 0-50 ms kontrakcije ali ne i u kasnijoj fazi mišićne kontrakcije. Prema istraživanju Grubera i suradnika (2007) trening ravnoteže nije izazvao nikakve promjene u maksimalnoj voljnoj mišićnoj kontrakciji dok su se specifične prilagodbe javile tijekom početnih faza kontrakcije. Napredak u maksimalnom vršnom gradijentu momenta sile iznosio je 14% (+.- 5%) dok je vrijeme potrebno za postizanje istog skraćeno za 14% (+.- 3%). Granacher i suradnici (2011) proučavaju promjene u skakačkim sposobnostima, maksimalnom vršnom gradijentu momenta sile plantarnih fleksora i posturalno njihanje srednjoškolskih učenika. Trening ravnoteže integriran u sat tjelesne i zdravstvene kulture proveden u razdoblju od četiri tjedna nije dao statistički značajne rezultate iako autori navode da postoji tendencija ka pozitivnom utjecaju treninga ravnoteže na učenike srednjih škola. Isto tako, navode kako potencijalni razlozi za ovakv rezultat mogu biti nezrelost posturalnog sustava i nedovoljno pažnje i fokusa prilikom izvođenja vježbi ravnoteže. S druge strane, Granacher, Gollhofer i Kriemler (2010) su sa svojom intervencijom postigli značajno poboljšanje u kontroli posture, skakačkih sposobnosti (visina skoka) i maksimalni vršni gradijent sile mjeran tijekom maksimalne izometrične nožne ekstenzije srednjoškolaca. Autori zaključuju kako su promjene nastale kao rezultat fiziološke prilagodbe, a ne efekt učenja.

Taube i suradnici (2007) su svojom intervencijom od šest tjedana treninga ravnoteže postigli poboljšanje skakačkih sposobnosti u dobro treniranih skijaša bez poboljšanja u maksimalnoj izometričnoj jakosti i vršnom gradijentu momenta sile što je u suprotnosti sa ostalim radovima prikazanim u ovom radu. Moguće je, zaključuju autori, da se veće prilagodbe mogu postići dužim trajanjem treninga s obzirom da je u radu navedeno da su ispitanici bili već dobro trenirani a poboljšanja povezuju s unapređenjem intramuskularne i intermuskulne koordinacije mišića ekstenzora potkoljenice. Također, navode kako je ovakav oblik intervencije u svrhu poboljšanja

skakačkih sposobnosti sportaša u pubertetu od visoke važnosti zbog manjeg stresa mišićno-tetivnog sustava.

Slične rezultate postigli su Gruber i Gollhofer (2004). Autori nisu postigli poboljšanje u maksimalnoj jakosti dok je promjena postignuta u maksimalnom vršnom gradijentu sile. Bruhn, Kullmann i Gollhofer (2004) postigli su 13% napretka u maksimalnoj mišićnoj jakosti mišića natkoljenice primjenom jednonožnog stajanja na nestabilnoj površini.

Trening ravnoteže proveden u postavi krug izazvao je pozitivno poboljšanje mišićne jakosti, ravnoteže te općeg funkcioniranja starijih žena (Avelar, 2016). Također, vršni gradijent sile unaprijeđen je primjenom treninga ravnoteže. Autori ističu da je takvo poboljšanje mišićnih svojstava izrazito bitno u prevenciji padova u starijih osoba.

Poboljšana jakost na početku mišićne kontrakcije zasigurno je povezana sa provedenim treningom. U treningu ravnoteže mišić je konstantno inerviran submaksimalnim intenzitetom radi održavanja ravnoteže. Gruber i suradnici (2007) navode kako se osnovna razlike između treninga ravnoteže i treninga jakosti razlikuje u većoj količini aferentnih informacija koje su prisutne u treningu ravnoteže. U treningu jakosti mišići su voljno aktivirani kako bi se izveo određeni pokret dok se mišići tijekom treninga ravnoteže aktiviraju s ciljem održavanja ravnoteže na stabilnim ili nestabilnim podlogama. Trening ravnoteže ima za cilj unaprijediti efikasnost aferentnog doprinosa u živčano-mišićnoj kontroli pokreta kao i bržu aktivaciju mišića koji okružuju zglobove (Gollhofer, 2000). Takve spoznaje daju mogućnost uporabe treninga ravnoteže komplementarno treningu jakosti s ciljem maksimalnog razvoja eksplozivne jakosti, posebice u sportovima koji zahtjevaju eksplozivne kontraktilne sposobnosti u kombinaciji sa preciznom kontrolom pokreta.

## 5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je objasniti fiziološke mehanizme koji stoje u pozadini jakosti i ravnoteže i posebno prikazati kakav utjecaj trening ravnoteže ima na mišićnu jakost. Istraživanja su pokazala da trening ravnoteže pozitivno utječe na razvoj eksplozivne jakosti ali bez utjecaja na maksimalnu jakost. Tradicionalni trening jakosti sa pripadajućim metodama pokazao se puno efikasniji u razvoju eksplozivne jakosti odnosno maksimalnog vršnog momenta sile. Mehanizam koji se pripisuje poboljšanju eksplozivne jakosti temelji se na brzim i eksplozivnim kontrakcijama mišića koji moraju održati osobu u ravnotežnom položaju i velikoj količini aferentnih informacija koje pristižu u središnji živčani sustav. Takva saznanja mogu se primjeniti prilikom stvaranja programa vježbanja koji su namjenjeni djeci i mladim sportašim jer nije invazivna na mišićno-koštani sustav koji je još u razvoju. Isto tako, primjenu nalazi i u trening osoba srednje i starije dobi čime se poboljšava pravilna postura, ravnoteža i eksplozivna jakost kako bi se omogućila samostalnost i zdravlje osoba. S druge strane, literatura koja ispituje utjecaj treninga ravnoteže na vrhunske sportaše nije dovoljno istražena, a rezultati upućuju da takva vrsta treninga nije idealna za razvoj eksplozivne jakosti tj. maksimalnog vršnog momenta sile već se za razvoj tih karakteristika trebaju upotrebljavati metode za razvoj jakosti, ali i kombinacija ovih metoda s obzirom da mehanizam prilagodbe na trening ravnoteže i trening jakosti nije isti.

Trening ravnoteže pruža mogućnost da se jednom metodom obuhvati više sastavnica kao što su: poboljšana postura, povećana koordinacija, povećana mišićna jakost, smanjena mogućnost za padom koja je posebno izražena kod starijih osoba, poboljšanje performansi sportaša, razvoj mladih sportaša sa smanjenom mogućnošću za pojavom pretreniranosti i ozljeda.

## 6. LITERATURA

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*. 93:1318–1326. doi:10.1152/jappphysiol.00283.2002.
- Avelar, B. P., Costa, J.N.A., Safons, M. P., Dutra, M. T., Bottaro, M., Gobbi, S., Tiedemann, A., de David, A.C. (2016). Balance exercises circuit improves muscle strength, balance and functional performance in older women. *Age and ageing*; 38: 14 doi 10.1007/s11357-016-9872-7.
- Bruhn, S., Kullman, N. i Gollhofer, A. (2004). The effects of sensorimotor training and strength training on postural stabilization, maximal isometric contraction and jump performance. *International Journal of Sports medicine*, 25: 56-60.
- Clark, M. A. i Lucett, S. C. (2010). *NASM's Essentials of Sports Performance Trainig*. Lippincott Williams & Wilkins. PA
- Deussen, S. i ,Alfuth, M. (2018). The influence of sensorimotor training modalities on balance, strength, joint function and plantar foot sensitivity in recreational athletes with history of ankle sprain: A randomized controlled pilot study. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 13: 993, doi: 10.26603/ijsppt20180993.
- Dietz, V. (2003). *Neuronal Control of Functional Movement*. U P. V. Komi (ur.), *Strength and power in sport (str.11-23)*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Gambetta, V., Gray, G. (1995). Everything in balance. *Train & Conditioning*. 1995;2(2):15-18.
- Goldenberg, L., Twist, P. (2002.). *Strength ball training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gollhofer, A. (2000). Importance of proprioceptive activation of functional neuromuscular properties. Department of Sport Science, University of Stuttgart, Germany.
- Granacher, U., Gollhofer, A., Kriemler, S. (2010) Effects of Balance Training on Postural Sway, Leg Extensor Strength, and Jumping Height in Adolescents. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81:3, 245-251.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Maestrini, L., Zahner, L. i Gollhofer, A. (2011). Can balance training promote balance and strength in prepubertal children? *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(6)/1759–1766.



- Granacher, U., Zahner, L. i Gollhofer, A. (2008). Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for fall prevention. *European Journal of Sport Science*. 8(6): 325\_340
- Gruber, M. i Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal of Applied Physiology*, 92: 98–105 doi: 10.1007/s00421-004-1080-y
- Gruber, M., Gruber, S. B. H., Taube, W., Schubert, M., Beck, S.C., i Gollhofer, A. (2007). Differential effects of ballistic versus sensorimotor training on rate of force development and neural activation in humans. *Journal of Strength and Conditioning Research*; 21, 274-282
- Heitkamp, H.C., Horstmann, T., Mayer, F., Weller, J. i Dickhut, H.H. (2001a). Balance training in men and women: Effect on knee extensors and flexors. *Isokinetics and Exercise Science*,9; 41–44.
- Heitkamp., H. C., Horstmann, T., Mayer, F., Weller, J. i Dickhut, H. H. (2001b). Gain in strength and muscular balance after balance training. *International Journal of Sports Medicine*, 22: 285-290.
- Horak, F. B. (2006.). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*. 2006; 35-S2. doi:10.1093/ageing/afl077
- Hupperets, M. D. W., Verhagen, A. L. M. E. i van Mechelen, W. (2009). Effect of sensorimotor training on morphological, neurophysiological and functional characteristics of the ankle. *Journals of Sports Medicine*, 39 (7): 591-605.
- Knuttggen, H.G. i Komi, P.V. (2003). Basic Considerations for Exercise. U P.V. Komi (ur.), *Strength and power in sport (str.3-7)*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Latash, L.M. (1998). *Neurophysiological Basis of Movement*. Champaign. IL: Human Kinetics.
- Maffiuletti, N.A., Aagaard. P., Blazevich, A.J., Folland, F., Tillin,N., Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*. doi 10.1007/s00421-016-3346-6.
- Marković, G. (2008). Jakost i snaga u sportu: definicija, determinante, mehanizmi prilagodbe i trening. U I. Jukić, D. Milanović i C. Gregov (ur.), *Kondicijska priprema sportaša 2008: trening snage*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Marković, G. (2009). Razlikujmo jakost i snagu u sportu. *Osnove kondicijskog treninga*. 7(2), 9-11.

- Marković, G. i Peruško, M. (2003). Metodičke osnove razvoja snage. U D. Milanović i I. Jukić (Ur.), Zbornik radova Kondicijske pripreme sportaša, Zagreb. 21 – 22 veljače, 2003. (187 – 194). Zagreb: Kineziološki fakultet.
- McBride, J.M. (2016). Biomechanics of Resistance Exercise. U G. G. Haff i N. T. Triplett (ur.), Essentials of Strength Training and Conditioning (str.19-85). Champaign, IL: Human Kinetics.
- McGuine, A.T. i Keene, J.S. (2006). The Effect of a Balance Training Program on the Risk of Ankle Sprains in High School Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 34, Br. 7  
doi: 10.1177/0363546505284191
- Milanović, D. (2013). Teorija treninga. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Morton, S.M., i Bastian, A.J. (2004). Cerebellar control of balance and locomotion. *Neuroscientist*. 2004;10: 247. doi: 10.1177/1073858404263517
- Nashner, L. M. (2016). Practical Biomechanics and Physiology of Balance. U G. P. Jacobson i N. T. Shepard (ur.), Balance function assessment and management (str.431-446). San Diego, CA: Plural Publications.
- Nashner, L.M., McCollum, G. (1985). The organization of human postural movements: a formal basis and experimental synthesis. 1985;8:135-172.
- Page, P. (2006). Sensorimotor training: A “global” approach for balance training. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 10, 77–84 .
- Rippetoe, M. (2011). Starting strength: Basic Barbell Training. Wichita Falls, Texas: The Aasgaard Company.
- Sarabon, N., Hirsch, K., Majcen, Z. (2016). The acute effects of hip abductors fatigue on postural balance.
- Schubert, M., Beck, S., Taube, W., Amtage, F., Faist, M. i Gruber, M. (2008). Balance training and ballistic strength training are associated with task-specific corticospinal adaptations. *European Journal of Neuroscience*. Vol. 27. doi:10.1111/j.1460-9568.2008.06186.
- Taube, W., Kullmann, N., Leukel, C., Kurz, O., Amtage, F. i Gollhofer, A. (2007). Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. *International Journal of Sport Medicine*, 28: 999–1005.

Trošt Bobić, T. (2012). Ipsilateralni i kontralateralni učinci treninga jakosti i ravnoteže na živčano-mišićnu funkciju i motoričku kontrolu tjelesno aktivnih osoba (doktorska disertacija). Kineziološki fakultet, Zagreb.

Zatsiorsky, V.M. i Kraemer, W.J. (2006). Science and practice of strength training. Champaign. IL: Human Kinetics.