

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT

# **DIPLOMSKA NALOGA**

DAVID MARTINC

Ljubljana, 2013



UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ŠPORT

Kineziologija

**POMEN VKLJUČEVANJA UNILATERALNIH VAJ PRI  
TRENINGU MOČI**

DIPLOMSKA NALOGA

MENTOR:

doc. dr. Primož Pori, prof. šp. vzg.

RECENZENT:

doc. dr. Igor Štirn, prof.šp.vzg.

Avtor dela:

David Martinc

Ljubljana, 2013

## **ZAHVALA**

*Zahvaljujem se mentorju, doc. dr. Primožu Poriju, za koristne nasvete in strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge.*

*Hvala recenzentu doc. dr. Igorju Štirnu.*

*Moji družini za vso podporo in razumevanje v času študija. Hvala Tebi, ki mi stojiš ob strani. Mojim prijateljem - brez vas bi bilo mnogo težje.*

*Hvala tudi vsem, ki ste mi z svojim znanjem, nasveti in izkušnjami pomagali na moji dosedanji življenjski poti.*

**Ključne besede:** trening moči, bilateralno in unilateralno, prilagoditve unilateralnega treninga, aktivacija mišic

## **POMEN VKLJUČEVANJA UNILATERALNIH VAJ PRI TRENINGU MOČI**

### **IZVLEČEK**

Moč predstavlja temeljno gibalno sposobnost, ki z svojimi učinki močno vpliva na kakovostnejšo telesno aktivnost vsakega posameznika. Prav zaradi svojih vplivov je v nadrejenem položaju z drugimi gibalnim sposobnostim. Unilateralni način izvajanja vaj moči predstavlja smiselno področje v treningu moči, ker zaradi specifičnosti lahko vplivamo na drugačne odzive in prilagoditve v trenažnem procesu moči.

Namen diplomske naloge je na podlagi številnih raziskav prikazati in obrazložiti posledice, ki se kažejo z unilateralnim treningom moči. Za boljše razumevanje so v uvodnem delu predstavljene prilagoditve, vrste, metode in najpogostejša sredstva moči.

Jedro diplomske naloge predstavlja analiza znanstvenih raziskav in člankov, ki so preučevali vplive unilateralnih vaj moči. Podrobneje so predstavljene živčne prilagoditve unilateralnih vaj, kjer smo se osredotočili predvsem na bilateralni deficit in pojav križnega efekta. Poleg živčnih prilagoditev, igrajo pomembno vlogo v procesu treninga moči tudi morfološke prilagoditve, katere zajemajo predvsem primerjavo hormonskih odzivov.

Velik del v diplomski nalogi je namenjen tudi primerjavi v aktivaciji mišic med istimi bilateralnimi in unilateralnimi vajami za spodnji in zgornji del. Zaradi manjše podporne površine in spremenjene biomehanike giba se spremeni delo mišic, ki sodelujejo pri izvedbi gibalne naloge. Močno vlogo pri premagovanju bremen na unilateralni način imajo tudi stabilizacijske mišice trupa in sklepov. Nazadnje pa so opisani vplivi unilateralnih vaj na nekatere pojavne oblike moči, rehabilitacijo in na izboljšanje gibalne učinkovitosti, ki se kaže v boljšem in učinkovitejšem delovanju – tako v profesionalnem športu kot tudi v vsakdanjem življenju.

**Key words:** strength training, bilateral and unilateral, adaptations to unilateral training, muscle activation

## **THE IMPORTANCE OF THE INTEGRATION OF UNILATERAL EXERCISES IN STRENGTH TRAINING**

### **ABSTRACT**

Strength constitutes an essential physical capacity, which due to its effects, has a strong impact on the higher-quality of physical activity of each individual. Precisely because of its strong impact it has a superior position above other motoric abilities. Unilateral strength exercises presents reasonable area of strength training. Due to its specificity we can influence on different responses and adaptations in training process of strength.

The purpose of the thesis is to explain, based on a number of studies, the consequences indicated by unilateral strength training. For a better understanding, there are adaptations, types, methods and the most common means of strength presented in the introductory part.

The core of the thesis presents analysis of scientific research and articles that have studied the influence of unilateral trainings. There is a detailed presentation of neural adaptations of unilateral trainings, where we have focused mainly on the bilateral deficit and the occurrence of cross effect. In addition to neural adaptations, morphological adaptations which mainly include the comparison of hormonal responses play very important role in process of strength training as well.

A large part of the thesis belongs to comparison of muscle activation between the same bilateral and unilateral exercises for the upper and lower body. Due to a smaller support surface and altered biomechanics of movement, the chores of the muscles involved in the execution of the motor tasks, change. Stabilizing torso and joints muscles also have the important part in overcoming the burden in the unilateral way. Finally, we have described the effects of unilateral trainings on certain strength manifestations, rehabilitation and improvement of physical performance, resulting in better and more efficient operation - both in professional sports as well as in everyday life.

# KAZALO

1. UVOD.....	10
1.1 DEFINICIJA MOČI.....	11
1.2 PRILAGODITVE NA TRENING MOČI.....	11
1.2.1 Morfološke prilagoditve treninga moči.....	12
1.2.2 Živčne prilagoditve treninga moči .....	13
1.2.2.2 Medmišična koordinacija .....	14
1.3 VRSTE MOČI .....	14
1.3.1 Maksimalna moč.....	14
1.3.2 Hitra moč .....	14
1.3.3 Vzdržljivost v moči.....	16
1.4 METODE TRENINGA MOČI.....	16
1.4.1 Metoda maksimalnih mišičnih naprežanj.....	16
1.4.2 Metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprežanj .....	17
1.4.3 Mešane metode .....	17
1.4.4 Reaktivne metode.....	18
1.4.5 Metode vzdržljivosti v moči .....	19
1.5 SREDSTVA PRI TRENINGU MOČI.....	19
1.6 BILATERALNO IN UNILATERALNO .....	20
1.7 NAMEN .....	21
1.8 CILJI .....	21
1.9 METODE DELA .....	21
2. JEDRO – PREGLED LITERATURE .....	22
2.1 PRILAGODITVE UNILATERALNEGA TRENINGA MOČI .....	22
2.1.1 Morfološke prilagoditve .....	22
2.1.2 Živčne prilagoditve .....	24
2.2 NASPROTNO-LATERALNI EFEKT/KRIŽNI EFEKT .....	26
2.2.1 Opis značilnosti in pojavljanje.....	26
2.2.2 Prilagoditve nasprotno-lateralnega efekta .....	28
2.2.3 Potencialni mehanizmi nasprotno-lateralnega efekta .....	28
2.3 RAZLIKA V AKTIVACIJI MIŠIC MED BILATERALNIM IN UNILATERALNIM NAČINOM IZVAJANJA VAJ MOČI .....	29
2.4 VPLIV UNILATERALNIH VAJ NA RAZLIČNE POJAVNE OBLIKE MOČI, GIBALNO UČINKOVITOST, UTRUJANJE TER REHABILITACIJO PO POŠKODBAH .....	34
2.4.1 Vpliv unilateralnih vaj povečanje maksimalne moči.....	34
2.4.2 Vpliv unilateralnih vaj na povečanje mišične mase.....	34

2.4.3 Vpliv unilateralnih pliometričnih vaj za spodnje ude na pliometrijo.....	34
2.4.4 Vpliv unilateralnih vaj na izboljšanje gibalne učinkovitosti .....	35
2.4.5 Vpliv unilateralnih vaj na živčno-mišično utrujenost .....	36
2.4.6 Vpliv unilateralnih vaj na rehabilitacijo .....	36
2.4.7 Vpeljava unilateralnih vaj v trenažni proces moči.....	37
3. SKLEP .....	38
4. LITERATURA.....	40

## **Kazalo slik**

Slika 1: Prikaz sprememb krivulj sila – hitrost krajšanja mišice na podlagi izbire treninga povzeto po Kawamori in Haff, (2004) v Haff in Nimphius, (2012). .....	15
Slika 2: Prikaz vrednosti koncentracije testosterona v različnih časovnih odsekih pri bilateralnem in unilateralnem počepu (povzeto po Jones idr., 2012).....	22
Slika 3: Prikazane vrednosti mišičnih vlaken (Fibre-%) in površine (Area-%) za trenirano (T) in netrenirano (UT) nogo (povzeto po Wilkinson idr., 2006).....	23
Slika 4: Dokaz o obstoju nasprotno lateralnega efekta (povzeto po Caroll idr., 2006).....	27
Slika 5: Shematski prikaz hipotez o mehanizmu križnega efekta. X nakazuje mesto prilagoditev v centralnem mehanizmu (povzeto po Lee idr., 2010). .....	29
Slika 6: Prikazane so povprečja in standardne deviacije normaliziranih EMG signalov amplitud za 1 RM pri bilateralnem (BP) in unilateralnem potisku (SP). Graf A prikazuje desno stran mišic ramenskega obroča in trupa, graf B pa levo stran mišic trupa. (Santana idr., 2007).....	30
Slika 7: Prikazane so vrednosti EMG aktivnosti spodnjih trebušnih mišic med bilateralnim in unilateralnim (unilat.) potiskom s prsi (CP) in potiskom z ramen (SP) (povzeto po Behm idr., 2005).....	31
Slika 8: EMG aktivnost preme trebušne mišice pri sedečem in stoječem potisku s ramen (povzeto iz Saeterbakken in Fimland, 2012). .....	31
Slika 9: EMG aktivnost zunanje poševne trebušne mišice pri sedečem in stoječem potisku s ramen (povzeto iz Saeterbakken in Fimland, 2012).....	32
Slika 10: EMG aktivnost vzravnalke hrbta pri sedečem in stoječem potisku s ramen (povzeto iz Saeterbakken in Fimland, 2012).....	32
Slika 11: Prikaz EMG aktivnosti mišic med bilateralnim in unilateralnim počepom (povzeto po Jones idr., 2012). .....	33



## **Kazalo tabel**

Tabela 1: Nazoren prikaz značilnosti metod maksimalnih mišičnih naprežanj (Strojnik, 2010). .....	17
Tabela 2: Nazoren prikaz metod ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprežanj (Strojnik, 2010). .....	17
Tabela 3: Nazoren prikaz mešanih metod (Strojnik, 2010 in Schmidtbleicher, 1992). ....	18
Tabela 4: Nazoren prikaz značilnosti reaktivnih metod (plimetrija) (Strojnik, 2010). ....	18
Tabela 5: Nazoren prikaz metod vzdržljivosti v moči (Strojnik, 2010 ). ....	19
Tabela 6: Koncentracija laktata v časovnih intervalih pri unilateralnih in bilateralnih vajah (povzeto po Migiano idr., 2010).....	23

# 1. UVOD

*"Motion is Life"* (Hipokrat, 46–377 pr.n.št.)

Gibanje simbolizira človeško življenje. Gibanja in premiki telesnih segmentov lahko potekajo v različnih ravninah, tako da svet okoli nas zaznavamo v treh dimenzijah, glede na potrebe in cilje človeške aktivnosti pa lahko potekajo z eno okončino ali z obema hkrati.

V športu se pojavlja podobna zgodba, saj se posameznik skozi prostor giblje na različne načine. Pri tem pride do izmeničnega dela med okončinama in med telesnimi segmenti. Pri določenih športnih panogah se zaradi svojih zahtev in značilnosti gibanja izvajajo in dovršijo z obema okončinama (bilateralno) ali le z eno (unilateralno). Vsi odritvi, doskoki, meti, streli, udarci in brce se pogosteje izvajajo z dominantnejšo okončino, od športne panoge pa je odvisno, ali se bo unilateralnost pojavljala na zgornjih ali spodnjih okončinah. Pretirane zahteve po unilateralnosti in uporaba samo boljše strani telesa ali okončine lahko pripeljejo do razlik v motoričnih sposobnosti, predvsem v moči in v koordinaciji (Haaland in Haff, 2003).

Med telesno aktivnostjo na telo delujejo velike sile in navori, zato je že med trenažnim procesom potrebno strmeti k takemu načinu obremenjevanja, da imajo sile in navori na posameznika minimalen učinek. Ob tem se je potrebno zavedati, da lahko športniku omogočimo najvišje tekmovalne rezultate v njegovi panogi le s specifičnim procesom športne vadbe. Navzkriž temu se treningi moči še vedno v največji meri izvajajo z obema okončinama. Posledično unilateralni način izvedbe vaj dobiva dodatno težo in pomen v športni praksi. Največkrat in najpogosteje se v raziskovalne in trenažne namene uporabljajo unilateralne vaje na spodnjih okončinah, kjer je včasih teža lastnega telesa dovolj veliko breme, da sproži stres našim mišicam, po drugi strani pa se zdi, da se unilateralni način izvajanja vaj moči premalo uporablja na zgornjih ekstremitetah. Cressey (2011) navaja, da je unilateralni trening zgornjih okončin prevečkrat ignoriran s strani vadečih in tudi kondicijskih trenerjev. Pri teh vajah, poleg vključevanja agonističnih mišic, prihaja tudi do vključevanja stabilizatorjev sklepov in trupa. Vse preveč se osredotočamo na čim večje zunanje breme kot edini cilj napredka v procesu športnega treniranja. Namesto tega bi morali večjo pozornost usmeriti na optimalno stabilnost ključnih sklepov.

Po Bompa in Haff (2009) je trening moči zelo povezan s posameznikovo športno uspešnostjo in tako predstavlja najpomembnejšo komponento kondicijske priprave, ker ob dobri stabilizaciji predstavlja temelj drugim gibalnim sposobnostim, s katerimi je pogojena. Na podlagi številnih raziskav, ki bodo natančneje opisane v jedru, bomo predstavili glavne lastnosti unilateralnih vaj moči, saj lahko le s poznavanjem in upoštevanjem teh vplivamo na optimalen transfer v profesionalnem, rekreativnem in rehabilitacijskem vidiku.

## 1.1 DEFINICIJA MOČI

Moč kot osnovna in ključna gibalna sposobnost dobiva vse večji pomen tudi v trenažnem procesu kondicijske priprave, kjer se cilji dosegajo s pomočjo skrbno načrtovanega in sistematičnega delovanja. Večja mehanska učinkovitost, kasnejše utrujanje, večja hitrost giba, večja izbira gibalnih akcij in boljše subjektivno počutje so dejavniki, ki neposredno, s treningom moči, vplivajo na boljši rezultat (Strojnik – zapiski s predavanj 2009/2010).

Pistotnik (2003) definira moč kot sposobnost za učinkovito izkoriščanje sile mišic za premagovanje zunanjih sil. Moč je kompleksna gibalna sposobnost, zato obstaja več vrst definicij moči. Ušaj (2003) jo definira glede na tri glavne vidike: vidik deleža aktivne mišične mase (splošna, lokalna), vidik tipa mišičnega krčenja (statična, dinamična) in vidik silovitosti (največja moč, hitra oz. eksplozivna moč, vzdržljivost v moči).

Z vidika deleža aktivne mišične mase se splošna moč nanaša na moč, ki je značilna za celo telo in ni pridobljena z vadbo, če pa je pridobljena s procesom vadbe, ni vezana na določeno mišično skupino, ampak na celo telo. Specifična moč je največkrat pridobljena izrecno samo s specifičnim treningom moči. Statična moč se z vidika mišičnega krčenja kaže kot izometrična sila, dinamična moč pa kot sila, ki se pojavi pri dinamičnem krčenju. Največja moč se z vidika silovitosti opredeljuje kot premagovanje največjih bremen ali kot delovanje z največjo možno silo. Hitra ali eksplozivna moč je vezana na premagovanje bremen z največjim možnim pospeškom, vzdržljivost v moči pa na premagovanje bremen skozi daljše časovno obdobje.

Strojnik (1997) moč definira na več načinov, in sicer na podlagi manifestne in latentne strukture. Manifestna struktura moči je najbližja praksi, ker vsebuje njene pojavne oblike, kot so odzivna, šprinterska, metalna, suvalna, udarna moč ipd. Njena slabost je, da ne omogoča prepoznavanja tistih dejavnikov, ki so pomembni za njeno uspešnost. Iz strukture moči namreč izhajajo tudi principi treniranja, kar bi pomenilo, da je za razvoj šprinterske moči potrebno izvajati šprinte, za razvoj odzivne moči pa odrive ipd. Pomembnejše podatke o moči nam daje latentna struktura. »Poenostavljen model delovanja človeka pri največjem naporu predstavlja specifično delovanje živčno-mišičnega sistema v treh tipičnih pogojih: maksimalna moč, hitra moč in vzdržljivost v moči« (Strojnik, 1997, str. 37). Maksimalna moč je najpomembnejša, ker pozitivno vpliva na ostali dve (Strojnik, 1997).

## 1.2 PRILAGODITVE NA TRENING MOČI

Trening moči je ena izmed najpogostejših oblik telesne aktivnosti, ki se uporablja za izboljšanje športne učinkovitosti, izboljšanje mišično-kostnega zdravja in za spremembe telesne kompozicije. Kronično izpostavljanje tovrstni aktivnosti se izraža v povečani mišični moči, ki je posledica morfoloških in živčnih prilagoditev (Folland in Williams, 2007).

Pri morfoloških prilagoditvah prihaja do sprememb tkiv v telesu, te pa nastopijo in izginjajo počasneje. Živčne prilagoditve so povezane s funkcionalnimi spremembami, ki nastopijo in izginjajo hitreje. Po Pistotniku (2003) so funkcionalni dejavniki tisti, ki so povezani z upravljaljskim sistemom za delovanje mišic in programirajo ter nadzirajo gibanje.

### 1.2.1 Morfološke prilagoditve treninga moči

Ena izmed osnovnih prilagoditev treninga moči je povečana mišična masa ali hipertrofija. Pojem se fiziološko nanaša na povečano število aktinskih in miozinskih vlaken v posameznem mišičnem vlaknu (Drakslar, 2009). Vsako mišično vlakno vsebuje veliko število sarkomer, ki predstavljajo najmanjšo enoto. Mišična vlakna se odebelijo, kar se kaže v povečanem anatomskem prečnem preseku mišice in prav to predstavlja večji potencial oz. zmožnost razvijanja večje sile. Tako lahko rečemo, da je proizvedena mišična sila rezultat delovanja mišičnih podenot (sarkomer, miofibril in mišičnih vlaken). Sila, ki jo mišica lahko proizvede, je odvisna tudi od števila sarkomer, ki so povezane vzporedno (Zatsiorsky, 2000).

Povečano število mišičnih vlaken ali hiperplazija je potencialni pojav, da se pri vadbi moči pri ekstremnih obremenitvah lahko pojavi vzdolžna delitev mišičnih vlaken (Ušaj, 2003). Po Appellu (1990, v Folland in Willimas, 2007) lahko do hiperplazije pride tudi z miogenezo oz. formacijo novih vlaken iz satelitskih celic. Predvsem zaradi počasne formacije le-teh, ima hiperplazija zelo majhen efekt na večji presek mišic in napredek v moči (Folland in Williams, 2007).

Trening moči vpliva tudi na preoblikovanje mišičnih vlaken. Poznamo tip vlaken I, ki so počasna in manj utrudljiva in tip II (hitra), ki se lahko natančneje delijo še na tip IIa (hitra vzdržljiva) in IIb (hitra utrudljiva). Po Hakkinen, Komi in Tesch (1981, v Folland in Williams, 2007) imajo vlakna tipa II večjo plastičnost, ker v trenajnem procesu hipertrofirajo hitreje in obratno. Trening moči povzroči pretvorbo mišičnih vlaken v smeri iz tipa IIb v IIa (Campos idr., 2002). Slednji avtorji so v svoji raziskavi opazili zmanjšan procent IIb vlaken (posledično večja količina IIa vlaken) pri treningih moči, kjer so izvajali več od 9 RM (*repetition maximum*). Izrazitega zmanjšanja IIb vlaken pa niso opazili pri osebah, ki so izvajale od 3–5 RM. Zato lahko rečemo, da je pojavnost tipa mišičnih vlaken oz. razmerje med njimi odvisno od vrste športne aktivnosti.

Ušaj (2003) navaja, da se vezivno tkivo v mišicah, kitah, ligamentih in sklepnih ovojnica lahko s treningom moči poveča in omogoča boljšo oporo pri premagovanju sil. Tako lahko govorimo o večji moči citoskeleto, ki obsega dve mišični rešetki. Zunanja skrbi za pravilno vzporedno pozicioniranje miofibril in sarkomer (boljši stranski in longitudinalni prenos sile), notranja mišična rešetka pa ohranja strukturo miofilamentov znotraj mišice (boljša vezivna struktura skeletnih mišic in prenos sile znotraj mišice) (Enoka, 2002).

Telesne aktivnosti, s povzročitvijo povečanja moči, pozitivno vplivajo tudi na gostoto kostne mase (Beachle, 2002). Mišice s svojimi pritiski, upogibi, rotacijami ali povečanimi učinki gravitacije na kosti tvorijo lokalni stimulus za kostno formacijo (Strojnik – zapiski s predavanj 2009/2010). Vadba moči lahko sproži akutne in kronične fiziološke prilagoditve organizma, ki so zelo pomembni za vse vrste moči. Sprememba tkiv se zgodi skozi dvojni proces, in sicer katabolizem (proces razgradnje), ki poteka med samo vadbo in anabolizem (proces gradnje in obnove), ki prevladuje v fazi odmora. V obeh procesih pa pomembno vlogo igrajo katabolni in anabolni hormoni. Govorimo o prilagoditvi endokrinega odziva, kjer žleze z notranjim izločanjem izločajo hormone v kri. Hormoni vplivajo na tiste celice, ki imajo specifični receptor za tovrsten hormon v celični membrani. Najpomembnejši faktor endokrinega odziva predstavlja vadbena stimulacija (intenzivnost, volumen, trajanje odmorov, nabor vaj, pogostost vadbe), poleg tega pa so pomembni tudi genetska predispozicija, spol, starost, stopnja treniranosti itn. (Kraemer in Ratamess, 2005).

## 1.2.2 Živčne prilagoditve treninga moči

Živčne prilagoditve treninga moči so zaradi svojih specifičnih vplivov na moč zelo pomemben element v fazi treniranja (Gabriel, Kamen in Frost, 2006; Folland in Williams, 2007). V nasprotju z morfološki obstaja veliko debat in nasprotnih mnenj o naravi živčnih sprememb na trening moči. Po Drakslar (2009) se nanašajo na bistvene spremembe v koordinaciji mišične aktivnosti preko centralnega živčnega sistema.

Glavno vlogo za nesorazmerno povečanje moči, v primerjavi z rastjo mišic v zgodnjih fazah trenažnega procesa, imajo živčni dejavniki (Beachle, 1994). Povečana sinteza proteinov je opazna po enkratnem treningu moči, toda očitne spremembe, ki bi nakazovale večji volumen treniranih mišic, se ne zgodijo pred osmim tednom (Gabriel, Kamen in Frost, 2006).

Na podlagi živčnih prilagoditev športniki bolje koordinirajo aktivacijo mišičnih vlaken posameznih mišic ali mišičnih skupin. Z drugimi besedami lahko rečemo, da imajo izboljšano znotraj in medmišično koordinacijo (Zatsiorsky in Kraemer, 2006).

### 1.2.2.1 Znotraj mišična koordinacija

Pri znotraj mišični koordinaciji govorimo o rekrutaciji motoričnih enot, frekvenčni modulaciji in sinhronizaciji. Vsi trije pojmi se nanašajo na mehanizem aktivacije mišice preko motoričnih enot. Motorična enota je osnovni element živčno-mišičnega sistema, ker je sestavljena iz telesa in dendritov motoričnega nevrona v hrbtenjači in iz mišičnih vlaken, ki jih ta oživčuje (Zatsiorsky in Kraemer, 2006). Vseh motoričnih enot v mišici zavestno nismo sposobni aktivirati, vendar se skozi trening moči aktivacija izboljšuje (Gabriel idr., 2006). Ko je živčno vlakno, ki oživčuje določeno motorično enoto aktivirano, potem se vsa mišična vlakna tiste motorične enote hkrati aktivirajo.

Pri izvedbi določenega giba se bodo motorične enote aktivirale zaporedju, kar imenujemo rekrutacija motorični enot. Točno določeno zaporedje vključevnja motoričnih enot imenujemo Hennemanov princip oz. princip velikosti. Z naraščanjem števila aktiviranih motoričnih enot narašča tudi sila v mišici, te pa ostanejo aktivirane, dokler se sila v mišici ne začne zmanjševati, z zmanjševanjem sile v mišici pa se motorične enote derekrutirajo oz. deaktivirajo v obratnem vrstnem redu – zadnja rekrutirana motorična enota se derekrutira prva. Prispevek rekrutacije k mišični sili je za mišične skupine različen (različno število rekrutiranih motoričnih enot pri enaki sili).

S tem ko pride do rekrutacije vseh motoričnih enot, je naraščanje sile odvisno le še od frekvenčne modulacije (Enoka, 2002). Frekvenčna modulacija je verjetni dejavnik, ki poleg rekrutacije motoričnih enot vpliva na razvoj mišične sile (Gabriel idr., 2006). Tu gre za časovno usklajevanje akcijskih potencialov, ki prispejo v mišico in njene motorične enote. Znotraj posamezne aktivirane motorične enote se lahko sila povečuje na račun povečanja frekvence proženja akcijskih potencialov (Horvat, 2002). Ob sledenju tovrstnih potencialov eden za drugim se skrčki seštejejo in razvijejo večjo silo (pride do tetanične kontrakcije). Gabriel idr. (2006) v svoji študiji navajajo, da vplivi proženja akcijskih potencialov po šestih tednih vadbe začnejo upadati, sledeče pa je zato potrebno upoštevati pri načrtovanju kondicijske priprave.

Za razvoj velike sile v čim krajšem času je pomembna tudi sinhronizacija motoričnih enot, kar pomeni, časovno ujemanje (istočasno ali v točno določenem časovnem zaporedju) aktivacije

motoričnih enot posamezne mišice (Horvat, 2002). Za razvijanje največje sile je pomembna sinhronizacija motoričnih enot (Zadravec, 2006).

### 1.2.2.2 Medmišična koordinacija

Vsaka gibalna vaja, celo najenostavnejša, zahteva za pravilno izvedbo in tehniko usklajeno delovanje številnih mišičnih skupin. Primarnega pomena za povečanje moči tako postane učenje celotnega gibalnega vzorca (pravilno zaporedje vključevanja in izključevanja posameznih mišičnih skupin) in šele nato tvorjenje čim večjih mišičnih sil mišic, ki sodelujejo pri izvedbi. Ušaj (2003) definira pojem medmišične koordinacije kot zaporedje, s katerim se določene mišice vključujejo v premagovanje napora (mišična veriga) in uspešnost sproščanja antagonistov, ki napora ne premagujejo posredno, ampak predstavljajo pasivno oporo aktivnim mišicam.

Živčne prilagoditve treninga moči se torej kažejo v spremenjenih perifernih in centralnih mehanizmih živčne aktivacije mišic. Po Strojnik in Šarabon (2003) je cilj teh mehanizmov povečati ali zmanjšati aktivacijo posamezne mišice ali pa sinhronizirati sodelovanje dveh mišic, ki sta na nasprotni strani sklepa. Tako lahko govorimo o boljši aktivaciji agonista, povečani inhibiciji antagonistov, povečani koaktivaciji sinergista, o inhibiciji živčnih mehanizmov (inhibicija inhibitornih nevronov) in povečani vzdraženosti sklada alfa motonevronov (Strojnik – zapiski s predavanj 2009/2010).

## 1.3 VRSTE MOČI

### 1.3.1 Maksimalna moč

Maksimalno moč (*max. strength*) definiramo kot maksimalno silo, ki jo lahko mišica ali mišična skupina generira in je definirana na podlagi odnosa sila – hitrost. Še bolje pa jo lahko definiramo kot sposobnost živčno-mišičnega sistema, da sproducira čim večjo silo proti zunanjemu odporu (Bompa in Haff, 2009).

Maksimalna moč je odvisna od mišičnih (perifernih) in živčnih dejavnikov (centralnih) (Zatsiorsky in Kraemer, 2006). Najpomembnejši mišični dejavnik za tvorbo oz. produkcijo večje sile je fiziološki prečni presek, medtem ko gre pri živčnih dejavnikih za sposobnost aktivirati mišico v čim večji meri oz. za izkoristek njenega potenciala (Strojnik, 1997). Večja mišična sila se torej izraža v sposobnosti aktivacije večjega števila motoričnih enot in optimalni (ne maksimalni) učinkovitosti sproženja živčnih impulzov (Zatsiorsky, 2000).

### 1.3.2 Hitra moč

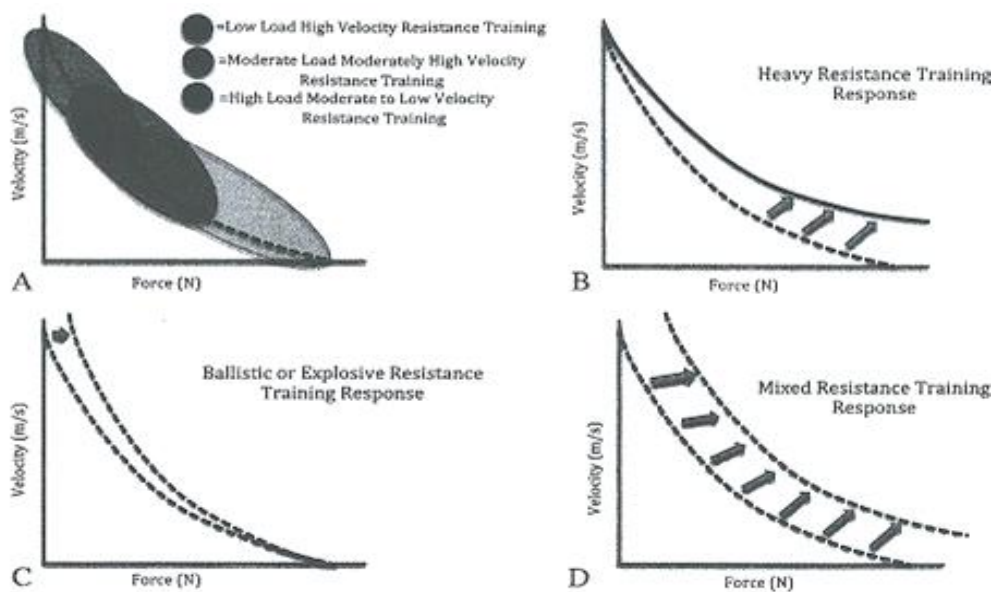
Hitro moč (*power*) opredeljuje tudi izraz eksplozivna moč, ker se kaže kot premagovanje bremen z največjim možnim pospeškom (Herček, 2007). Glede na vrsto mišične kontrakcije se hitra moč lahko deli na hitro moč v izometričnih, koncentričnih in ekscentrično-koncentričnih pogojih. Tu pa so prisotne bistvene razlike med živčnimi in mišični dejavniki. V izometričnih in koncentričnih razmerah so živčni dejavniki enaki kot pri maksimalni moči, pri perifernih dejavnikih pa je potrebno dodati še strukturo mišičnih vlaken – večji delež hitrih mišičnih vlaken pomeni hitrejši prirastek sile. Pri ekscentrično-koncentrični kontrakciji je pri živčnih dejavnikih pomembna še predaktivacija (večje število sklenjenih prečnih mostičov) in

refleksna aktivacija (potenciacija ali inhibicija), pri mišičnih pa tudi elastičnost tetiv (hramba elastične energije med raztezanjem in vračanje le-te v koncentrični fazi) in togost mišic (Strojnik, 1997).

Veliko športnih dejavnosti zahteva sposobnost produkcije velikih sil (hitrejši prirastek sil) v relativno kratkih časovnih intervalih, kar se kaže v eksplozivnih gibih. Haff, Whitley in Potteiger (2001, v Haff in Nimphius, 2012) navajajo, da je prav ta sposobnost najpomembnejša komponenta športnikovega uspeha, še posebej v aktivnostih, kjer je prisotno veliko hitrih sprememb smeri, skokov, pospeševanj in šprintov.

Mehansko pa je hitra moč opredeljena kot razmerje med količino opravljenega dela v časovni enoti oz. kot zmnožek med silo in hitrostjo. Iz teh dveh enačb je razvidno, da lahko večjo moč dosežemo na več načinov (Slika 1).

Eksplozivni športi od športnikov zahtevajo maksimalni donos hitre moči, za kar morajo biti izpolnjeni trije pogoji. Kot prvo se mora splošna mišična moč povečati zaradi sposobnosti generiranja velikih sil. Nato je pomembno razviti posameznikovo sposobnost generiranja velikih sil v kratkih časovnih obdobjih (velik prirastek sile v kratkem časovnem obdobju), kot zadnji pogoj pa je potrebna sposobnost generiranja čim večjih sil, medtem ko se hitrost krčenja mišic povečuje (Haff in Nimphius, 2012). Iz tega sledijo sledeča dejstva, ki se nanašajo na krivuljo sila – hitrost krajšanja mišice: trening s težjimi bremenami premakne krivuljo bolj v desno stran, na področje manjše hitrosti in večjih bremen.



**Slika 1: Prikaz sprememb krivulj sila – hitrost krajšanja mišice na podlagi izbire treninga povzeto po Kawamori in Haff, (2004) v Haff in Nimphius, (2012).**

Slika 1 prikazuje grafe, kjer določen tip treninga (večja ali manjša bremenami) povzročijo premik krivulje v desno stran na svojem področju.

Za uspeh športnika je poleg treniranja pri tekmovalni hitrosti (izboljšanje odnosa sila – hitrost v območju tekmovalnih pogojev) nujno potrebna vadba v območju nizkih in visokih hitrosti (Zatsiorsky in Kraemer, 2006), ki morajo biti pravilno uporabljene in razporejene skozi celoten ciklizacijski proces.

### **1.3.3 Vzdržljivost v moči**

Uršaj (2003) opredeli vzdržljivost v moči kot dlje časa trajajoče premagovanje bremena in obremenitev (Ušaj, 2003). Največkrat jo opredeljuje število ponovitev (npr. do izčrpanja) ali čas, kjer posameznik lahko vzdrži določen tempo premagovanja bremen (Zatsiorsky in Kraemer, 2006). Mišična dejavnika, ki pogojujeta strukturo vzdržljivosti v moči, sta predvsem zakislevanje in pomanjkanje energijskih snovi (predvsem kreatinfosfata in glikogena), z vidika živčnih dejavnikov pa je potrebno ohranjati visok nivo aktivacije in medmišično koordinacijo (Strojnik – zapiski s predavanj 2009/2010).

## **1.4 METODE TRENINGA MOČI**

Metode treninga predstavljajo postopke, ki vsebujejo razporeditev vsebin, ciljev in organizacijskih oblik treninga ter izbiro sredstev s predpisanim doziranjem glede na želene cilje. Za opis točno določene metode treninga moči je torej potrebno navesti velikost obremenitve, število ponovitev in serij, trajanje obremenitve (pri izometričnih kontrakcijah), dolžino odmora med serijami, vrsto mišičnega napreznja in način izvajanja (tempo) (Schmidtbleicher, 1991). Vse opisane metode so povzete po Schmidtbleicher (1992) in Strojnik (predavanja, 2010).

### **1.4.1 Metoda maskimalnih mišičnih napreznj**

Glavna značilnost, ki opredeljuje tovrstne metode, je izboljšanje maksimalne moči, predvsem zaradi dviga aktivacije na višji nivo (izboljšana znotraj mišična koordinacija). Bremena, ki se uporabljajo, so maksimalna (> 90 % 1RM) in supramaksimalna (do 150 % 1RM), na katera delujemo z maksimalnim mišičnim napreznjem. Z metodo maksimalnih mišičnih napreznj pride do izboljšanja v hitri moči, predvsem zaradi velikega prirastka sile, ki je potrebna, da breme dvignemo (kvazimaksimalna kontrakcija in maksimalna koncentrična kontrakcija; pri maksimalni ekscentrični kontrakciji pa gre za maksimalno silo). Značilnost maksimalnih metod je tudi manjše število ponovitev, s čimer se izognemo mišični in centralni utrujenosti. Tak tip treninga zahteva spočitost in veliko zbranost, hkrati pa morajo biti odmori med serijami dovolj dolgi, da pride do obnove fosfagenskih zalog. Tabela 1 prikazuje pet tipov kontrakcij maksimalnih napreznj, kjer je so predstavljene njihove osnovne značilnosti.



**Tabela 1: Nazoren prikaz značilnosti metod maksimalnih mišičnih naprežanj (Strojnik, 2010).**

	Kvazimaksi. kontrakcija	Maksi.koncent. kontrakcija	Maksi.izomet. kontrakcija	Maksi.ekscent. kontrakcija	Maksi.ekscent.koncent. kontrakcija
tempo eksplozivno tekoče	x	x	x	x	x
breme %	90	100	100	130–150	70–90
ponovitve	3–6	1	2 (po 4 sekundah)	5	6–8
serije	3–5				
odmor	3–5 min.				
št. vaj na VE	6				

### 1.4.2 Metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprežanj

Metode ponovljenih submaksimalnih kontrakcij so namenjene povečanju mišične mase, prav tako pa z njimi izboljšujemo maksimalno moč in vzdržljivost v moči (zaradi večjega števila ponovitev). Bremena, ki se uporabljajo pri tovrstnih metodah, so submaksimalna (od 60 do 80 % 1RM), mišica pa mora biti skozi celo amplitudo giba obremenjena. Torej gre za tekoči tempo izvajanja ponovitev, tako da pride do izčrpanja mišice. Odmori med serijami trajajo do tri minute. Za učinkovitejšo mišično rast je potrebno upoštevati postopnost, ki se skozi trening kaže v težjih bremenih in zmanjšanem številu ponovitev. Torej je potrebno začeti z bodybuilding extenzivno metodo, nato s standardno metodo 1 in standardno metodo 2 ter na koncu z bodybuilding intenzivno (tabela 2).

**Tabela 2: Nazoren prikaz metod ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprežanj (Strojnik, 2010).**

	Standardna metoda 1	Standardna metoda 2	bodybuilding extenziv.	bodybuilding intenziv.
kontrakcija	koncentrično			
tempo	tekoče			
breme %	80	70, 80, 85, 90	60–70	85–95
ponovitve	8–12	12, 10, 7, 5	15–18	5–8
serije	3–5	1., 2., 3., 4.	3–5	3–5
odmor	1–2	3	1–2	3
Št. vaj na VE	6–10			

### 1.4.3 Mešane metode

Mešane metode so namenjene izboljšanju hitre moči, ker vplivajo na višji nivo mišične aktivacije. Tu gre za kratkotrajne eksplozivne maksimalne mišične kontrakcije predvsem v koncentričnih pogojih (vsaka ponovitev ločena). Mešane metode temeljijo na kompleksnih več sklepnih vajah, za kar je potrebna tudi dobra medmišična koordinacija.

Prav zaradi tega se izvajajo predvsem s pomočjo prostih uteži in ne z uporabo trenažerjev. Bremena, ki se uporabljajo so submaksimalna (ali 35–50 % RM). Mešane metode, zaradi koncentracije in sposobnosti eksplozivne izvedbe, izvajamo v spočitem stanju. Odmori med serijami trajajo od 3 do 5 minut.

**Tabela 3: Nazoren prikaz mešanih metod (Strojnik, 2010 in Schmidtleicher, 1992).**

	Metoda hitre moči	Piramidna metoda
kontraktcija	koncentrično	
tempo	eksplozivno	
breme %	30–50	80, 85, 90, 95, 100, 90, 80
ponovitve	5–7	7, 5, 3, 2, 1, 3, 7
serije	3–5	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
odmor	3–5	3–5
št. vaj na VE	6	

#### 1.4.4 Reaktivne metode

Glavna skupna značilnost reaktivnih metod je izboljšana refleksna aktivacija oz. izboljšanje delovanja živčnega sistema pri ekscentrično-koncentričnih kontrakcijah. Metode se izvajajo praviloma brez dodatnih bremen, kasneje pri boljše treniranih posameznikih lahko uporabimo dodatna bremena. Tovrstne metode vplivajo na povečano mišično togost, kar pomeni, da večji del raztezanja prevzame tetiva. Takšno delovanje mišično-tetivnega kompleksa je pomembno z vidika večje hitrosti, z vidika porabe kemične energije in z vidika proizvedene sile (Horvat, 2002). Ker se tu pojavljajo izredno velike sile, je za tak tip treninga potrebna dobra predpriprava (močni agonisti in podporne mišice).

**Tabela 4: Nazoren prikaz značilnosti reaktivnih metod (plimetrija) (Strojnik, 2010).**

	poskoki	skoki	globinski skoki	poskoki z bremen
<i>kontraktcija:</i>				
koncent.	x	x	x	x
ekscent.	x	x	x	x
tempo	eksploziven			
breme	brez oz . odvisno od nivoja treniranosti			
ponovitve	6–12	6–10	6	6–8
serije	3	3	3–5	3
odmor	5	5	5	5
št. vaj na VE	4–6			

### 1.4.5 Metode vzdržljivosti v moči

Pri metodah vzdržljivosti v moči uporabljamo mala bremena (25–60 %), izčrpavanje pa dosežemo z večjim številom ponovitev. Tu gre za lokalno izčrpavanje mišic (ne za celo telo), ki so omejitveni dejavnik uspešnosti. Odmori med serijami so kratki.

**Tabela 5: Nazoren prikaz metod vzdržljivosti v moči (Strojnik, 2010).**

	ekstenzivna metoda	intenzivna metoda
<i>kontrakcija:</i>		
koncent.	x	x
ekscent.	x	x
izomet.	x	x
tempo	tekoče	
breme	30–50	50–60
trajanje sek	30–60	20–30
odmor	25–90	10–60
serije	3–5	3–5
Št. vaj na VE	4–8	

## 1.5 SREDSTVA PRI TRENINGU MOČI

Za doseg želenih ciljev pri treningu moči uporabljamo izbrana sredstva vadbe. Sredstva za razvoj moči je možno razdeliti na več načinov.

Najpogostejša delitev vaj za razvoj moči se nanaša na spremembo dolžine mišice (Zatsiorsky, 1995). Če se dolžina ne spreminja, govorimo o statičnih vajah, če pa pride do sprememb položaja telesa oz. premikov pripomočkov, govorimo o dinamičnih vajah (Baechle, Earle, Allerheiligen, 1994).

Po Zatsiorsky (1995) se največkrat v praksi uporablja topološka delitev vaj moči, kar pomeni da delimo vaje glede na mišične skupine, ki jih želimo trenirati (hrbtne, trebušne mišice itn.).

Vaje moči lahko delimo tudi glede na specifičnost. To pomeni, da jih lahko delimo na (Zatsiorsky, 1995): specifične, nespecifične in gibanja iz izbranega športa z dodanim uporom.

Beachle, Earle in Wathen (2000) delijo vaje tudi na glavne in pomožne. Ker glavne vaje vključujejo večje mišične skupine, so večsklepne in so povezane s športnim gibanjem.

Beachle, Earle in Wathen (2000) in Fleck in Kraemer (2004) vaje delijo tudi glede na izvedbo, in sicer vaje v odprti in zaprti kinetični verigi. V odprti kinetični verigi se distalni del telesa prosto giblje – npr. izteg kolena.

Sredstva za razvoj moči po Pistotniku (2003) so: krepilne vaje (proste, z bremenom, na trenažerjih), elementarne igre z naravnimi oblikami gibanja in snovni gibi izbranega športa, izvajani z bremenom (breme ne sme biti preveliko, da ne vpliva na spremembo tehnike gibanja).

Po Herček (2007) je vaje za moč možno deliti tudi glede na rekvizite, ki se uporabljajo pri vadbi moči. Po Pistotniku (2003) so to bremena (ročke, obtežilni jopiči, težke žoge, partner

itn.), ekspanderji (vzmeti ali elastični trakovi), trenažerji (mehanični, hidravlični, izokinetični) in elektrostimulatorji.

Vaje za moč lahko razdelimo tudi glede na funkcijski gib v sklepu. Pori (zapiski s predavanj 2012) jih razdeli na: horizontalni premik ramen, odmik/upogib ramen, horizontalni odmik ramen, primik ramen, upogib trupa, izteg trupa, stranski upogib in rotacija trupa ter izteg kolena in kolka.

## 1.6 BILATERALNO IN UNILATERALNO

Za lažjo predstavitev telesnih struktur med samim gibanjem si pomagamo z anatomskim položajem in s tremi navideznimi orientacijskimi ravninami, pravokotnimi med seboj. V vsaki nadalje uporabljamo še izraze, ki točno definirajo lego telesnih struktur. Pri gibih oz. premikih pa lahko opredelimo tudi parne dele telesa – lateralnost. Največkrat uporabljena pojma pri človeški anatomiji, ki definirata lateralnost, sta tako bilateralno (obojestransko) in unilateralno (enostransko). V strokovni literaturi se pogosto uporablja tudi termin ipsilateralno, ki pomeni na isti strani telesa.

Pri izvajanju vaj, kjer želimo vplivati na povečanje moči, se največkrat poslužujemo bilateralnega oz. »tradicionalnega« načina izvedbe vaj moči. Pri tovrstnem načinu izvedbe giba sodelujeta obe okončini istočasno in največkrat v isti ravnini, s ciljem izvedbe giba in produkcije sile v isti smeri. Pomembno je, da se delo, ki ga opravljajo mišice na obeh straneh, razporedi čim bolj enakomerno. S pretirano uporabo samo bilateralnih vaj v treningu moči bi se nesorazmerja še povečala. Pri tem pride do nefunkcionalnega delovanja določenih mišic, njihovo vlogo pa prevzamejo druge mišične skupine, ki za to niso "odgovorne".

Drug način izvedbe vaj moči pa se imenuje unilateralni način. Beseda unilateralno v treningu moči opredeljuje premik oz. gib, ki je izveden samo z roko ali z nogo, neodvisno od druge okončine. Zmanjšana podporna površina in s tem povečano vzdrževanje ravnotežnega položaja, povečana aktivacija mišic trupa (Santana, Vera-Garcia in McGill, 2007; Saeterbakken in Fimland, 2011) in mišic okrog delujočih sklepov (Behm, Leonardd, Young, Bonsey in MacKinnon, 2005) so dejavniki, ki pri unilateralnem načinu, poleg že zunanjega bremena, otežujejo okoliščine. McCurdy, Langford, Doscher, Wiley in Mallard (2005) v svoji študiji navajajo, da se unilateralne vaje največkrat uporabljajajo le kot dopolnilne samostojnim bilateralnim vajam, predvsem zaradi premajhnega števila študij in raziskav o transferju unilateralnih vaj na trening moči. Ob tem se je potrebno zavedati, da se transfer bilateralnega nožnega treninga po Boyle (2007) ne izraža kot dodana vrednost pri enonožnih gibanjih.

Unilateralni trening lahko izvedemo s pomočjo različnih pripomočkov in trenažerjev, vendar se v trenažnih procesih najpogosteje uporabljata prosta ročka (*dumbbell*) in drog (*barbell*). Prav zaradi velike stopnje amplitude giba, delovanja v različnih smereh, kotih in v vseh ravninah vplivajo na večjo aktivacijo mišic in funkcijske lastnosti le-teh, poleg tega pa vplivamo na razvoj ravnotežja, stabilizacije, koordinacije in na kinestetični občutek (Enoka, 2002).

## **1.7 NAMEN**

Namen diplomske naloge je na podlagi dosedanjih znanstvenih raziskav podati in predstaviti vplive ter posledice vključevanja unilateralnega načina izvedbe vaj pri treningu moči. Izbrana tema me zanima predvsem zaradi svojih specifičnih vplivov na človeško delovanje in posledično kakovostnejšega gibanja pri izvajanju vaj v športu kot tudi v vsakdanjem življenju. Hkrati pa, z nekaterimi raziskavami in študijami, tema nasprotuje dolgoletni, tradicionalni fitnes industriji in trenažnim procesom ter počasi izkoreninja vzorce in mišljenja trenerjev prejšnjih desetletij.

## **1.8 CILJI**

Cilji (C) diplomske naloge so:

- C1: skozi analizo člankov predstaviti teoretična ozadja morfoloških in živčnih prilagoditev, ki se pojavijo pri unilateralnih treningih;
- C2: preučiti posledice unilateralnega treninga moči na drugi, netrenirani okončini;
- C3: po pregledu znanstvenih člankov ugotoviti razlike v aktivaciji mišic na podlagi merjenja aktivnosti mišic z EMG signalom (elektromiografija) med nekaterimi unilateralnimi in bilateralnimi vajami;
- C4: iz predelane literature predstaviti, kako unilateralne vaje vplivajo na pojavne oblike moči, gibalno učinkovitost, utrujanje in rehabilitacijo ter kdaj začeti z vpeljavo unilateralnih vaj v trenažni proces.

## **1.9 METODE DELA**

Tip diplomskega naloge je monografski. Pri pisanju smo uporabili predvsem tuje strokovne raziskave in druge vire, ki so preučevali zastavljen problem o unilateralnih vajah pri treningu moči.

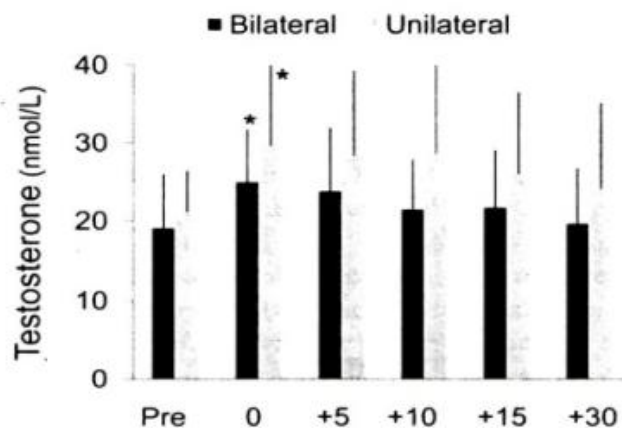
## 2. JEDRO – PREGLED LITERATURE

### 2.1 PRILAGODITVE UNILATERALNEGA TRENINGA MOČI

#### 2.1.1 Morfološke prilagoditve

Morfološke adaptacije pri treningu moči so v močni korelaciji z endokrinim odzivom anabolnih hormonov po treningu in v mirovanju (Migiano idr., 2010). Trening moči je v večini študij povezan z akutnim povečanjem koncentracije testosterona, ki igra pomembno vlogo tudi pri drugih hormonskih sistemih v anabolni fazi (rastni hormon in inzulinu podobni rastni hormon).

Avtorje je zanimalo predvsem, če se akutni odziv anabolnih hormonov pri unilateralnem treningu moči lahko sploh primerja z odzivom pri bilateralnem treningu. Tako so Jones, Ambegaonkar, Nindl, Smith in Headley (2012) testirali razlike v odzivu testosterona med unilateralnim in bilateralnim vajami za spodnji del telesa (počep). V obeh primerih so s primerno intenzivnostjo, številom serij, ponovitev in trajanjem odmora upoštevali dejavnike izločanja testosterona. Celotna količina testosterona se je v obeh protokolih znatno povečala, kar nakazuje, da sta unilateralni in bilateralni počep povzročila dovolj velik stres organizmu.



Slika 2: Prikaz vrednosti koncentracije testosterona v različnih časovnih odsekih pri bilateralnem in unilateralnem počepu (povzeto po Jones idr., 2012).

Iz Slike 2 je razvidno, da so bile vrednosti koncentracije testosterona pri unilateralnem in bilateralnem počepu statistično različne samo takoj po vadbi (\*). Nadalje je bilo ugotovljeno, da je unilateralni počep kljub manjšemu celotnemu absolutnemu delu v vseh časovnih fazah nakazoval razlike v koncentraciji testosterona, ki pa statistično niso bile značilne.

Migiano idr. (2010) so v svoji študiji raziskovali nekoliko bolj podroben endokrin odziv med bilateralnim in unilateralnim vajami za zgornji del telesa. Avtorji so testirali rekreativce, kateri so z dominantno roko izvajali unilateralne vaje (potisk s prsi, veslanje v predklonu, potisk z ramen, upogib in izteg komolca) in kasneje še iste bilateralne vaje. Podobno kot v zgornji študiji, so z upoštevanjem dejavnikov izločanja hormonov želeli spodbuditi čim večji endokrini odziv. V nasprotju z raziskavami Jonesa idr. (2012) so vaje, opravljene po bilateralnem protokolu, sprožile večji hormonski odziv. Opažene se bile večje vrednosti

koncentracije testosterona (nmol/L) in kortizola v točno določenih časovnih intervalih, ki pa statistično niso bile značilne.

Naslednji anabolni hormon, ki se je v obeh protokolih povečal (največ takoj po vadbi), je tudi inzulin, vendar statistične razlike med bilateralnim in unilateralnim treningom niso bile opažene. Statistično večje vrednosti koncentracije iGH (inzulinu podoben rastni hormon) v primeru bilateralnih vaj so bile prisotne v intervalih 5 min., 10 min., 15 min. in 30 min. Tabela 6 prikazuje povečano količino laktata v krvi pri bilateralnih vajah v vseh časovni intervalih.

**Tabela 6: Koncentracija laktata v časovnih intervalih pri unilateralnih in bilateralnih vajah (povzeto po Migiano idr., 2010).**

	Pre	IP	+5	+15	+30
Lactate (mmol·L <sup>-1</sup> )					
Unilateral	1.5 ± 0.8	8.4 ± 2.4*	7.1 ± 2.6*	4.8 ± 1.8*	3.3 ± 1.0*
Bilateral	1.5 ± 0.5	11.0 ± 2.4*†	9.5 ± 2.3*†	6.8 ± 1.9*†	4.5 ± 1.2*†

Migiano idr. (2012) so v nasprotju z Jones idr. (2010) zaključili, da je bilateralni protokol za zgornji del telesa v primerjavi z unilateralnim izzval večji hormonski odziv, kot posledica večje količine opravljenega dela, ki se izraža z večjo količino vključene mišične mase. Tako uporaba samo vaj za zgornji del telesa, kljub dovolj veliki intenzivnosti, serijam in ponovitvam ni nujno dovolj, da stimulira ustrezen odziv testosterona.

Na drugi strani pa je uporaba unilateralnega počepa zaradi podobnih hormonskih (ali celo boljših odzivov) učinkovita večsklepna vaja. Jones idr. (2012) so zaključili, da kljub manjšemu zunanjemu bremenu (absolutnemu bremenu) lahko unilateralne vaje za spodnji del telesa povzročijo isti učinek kot bilateralne, hkrati pa je njihova uporaba zaradi svoje specifičnosti na športno udejstvovanje dobra alternativa bilateralnim vajah.

V nasprotju s številnimi raziskavami so Wilkinson, Tarnopolsky, Grant, Correia in Phillips (2006) želeli dokazati lokalno hipertrofijo sprednje stegenske mišice, in sicer le z uporabo unilateralnega treninga, kljub predpostavki, da odziv ne bo dovolj velik za povečane koncentracije endogenih hipertrofičnih hormonov. Po osmih tednih vadbe (3-tedensko) so ugotovili povečanje prečnega preseka trenirane mišice za 5,4 cm<sup>2</sup>. Tip vlaken I je ostal nespremenjen, medtem ko se je tip IIa povečal za 6 % glede na celotno površino.

	Pre		Post	
	UT	T	UT	T
<b>Fibre (%)</b>				
I	34 ± 4	39 ± 4	36 ± 5	39 ± 3
IIa	39 ± 3	35 ± 4	39 ± 4	41 ± 2*
IIx	26 ± 2	26 ± 2	25 ± 3	20 ± 2*
<b>Area (%)</b>				
I	30 ± 4	34 ± 5	31 ± 3	33 ± 2
IIa	45 ± 2	42 ± 6	46 ± 4	48 ± 3*
IIx	25 ± 4	24 ± 2	23 ± 3	19 ± 5*

**Slika 3: Prikazane vrednosti mišičnih vlaken (Fibre-%) in površine (Area-%) za trenirano (T) in netrenirano (UT) nogo (povzeto po Wilkinson idr., 2006).**

Slika 3 nakazuje statistično značilno zvečanje deleža IIa vlaken z uporabo unilateralnega treninga (\*). Izrazito povečanje je bilo tudi zaradi upada vlaken tipa IIb, kar je bilo opaženo v več študijah (Campos idr., 2002; Staron idr., 1989, v Wilkinson idr., 2006).

Na podlagi dobljenih rezultatov iz raziskav lahko zaključimo, da so morfološke adaptacije unilateralnega treninga lahko prisotne kljub odsotnosti sprememb v koncentraciji anabolnih hormonov. Pri tem gre za lokalno hipertrofijo, spremembo tipa vlaken in povečanje moči.

### **2.1.2 Živčne prilagoditve**

V večini raziskav, ki so trajale od 4 do 6 tednov, je prišlo do izrazitega povečanja moči brez prisotnosti hipertrofije. Unilateralni trening je v študiji avtorjev Daneshmandi, Hosseini in Afsharnejad (2007) povzročil povečanje moči v agonistični mišici in zmanjšano aktivacijo v antagonistični mišici. Avtorji so zaključili, da se živčne prilagoditve pri unilateralnem treningu kažejo v izboljšani znotraj mišični in medmišični koordinaciji v trenirani in netrenirani okončini.

Podobne rezultate so dobili tudi v raziskavi Krentz in Farthing (2010), ko so z intenzivnim unilateralnim ekscentričnim treningom ugotovili zgodnje živčne adaptacije, ki so se kazale v povečani aktivaciji agonista in zmanjšani antagonistični ko-aktivaciji.

Latella, Kidgell in Pearce (2012) so ugotovili, da unilateralni trening poveča mišično moč in zmanjša kortikospinalno inhibicijo v obeh okončinah (trenirani in netrenirani) že v obdobju med 4-8 tednom.

Zaradi nejasnih odzivov živčnih prilagoditev in mehanizmov ter nasprotnih mnenj, so potrebne nadaljnje raziskave, ki bi poglobljeno razpravljale o živčnih prilagoditvah unilateralnega treninga moči. Za namene naše diplomske naloge najpomembnejšo vlogo pri žičnih mehanizmih igrata pojav bilateralnega deficita nasprotno – lateralni efekt, ki bo zaradi svojih značilnosti podrobneje opisan in predstavljen v naslednjem, samostojnem poglavju.

#### **2.1.2.1 Bilateralni deficit**

Že leta 1961 so v raziskavi opazili, da je bila skupna sila, generirana z maksimalnim zavestnim stiskom obeh rok, statistično manjša od vsote, proizvedene ločeno z levo in desno roko (Jakobi in Chilibeck, 2001). Takšen pojav je v literaturi imenovan kot bilateralni deficit oz. krajše BLD. BLD je definiran kot razlika med maksimalno silo, proizvedeno med simultanim bilateralnim gibanjem in vsoto maksimalnih sil, proizvedenih z levo in desno okončino med unilateralnim gibanjem (Jakobi in Caferalli 1998; Jones idr. 2012; Serrau idr. 2012). Tu gre za manjšo proizvedeno maksimalno silo pri bilateralnih gibanjih, v primerjavi z vsoto maksimalnih sil proizvedene z levim in desnim udom. Njemu nasprotni pojav imenujemo bilateralna facilitacija oz. BLF, kjer je sila, proizvedena v bilateralnih kontrakcijah, večja od vsote sil med unilateralno kontrakcijo (Howard in Enoka, 1991, v Jakobi in Chilibeck, 2001).

Po Jakobi in Chilibeck (2001) je BLD najverjetneje posledica centralnih in perifernih živčnih mehanizmov.



V strokovni literaturi se največkrat uporabljata dve možni razlagi pojava bilateralnega deficita na nivoju centralnih mehanizmov (Bračič, 2010):

- Možen vzrok za manjšo produkcijo sile med bilateralnim kontrakcijam je zaradi inhibicije živčnega nitja (*corpus callosum*) med možganskima hemisferama. Ekscitacijski signal, ki gre iz višjih centrov v precentralni motorični korteks, je manj inteziven med bilateralno kontrakcijo, ker se razporedi v dve ločeni področji – obe okončini. Živčni signali iz motoričnega korteksa so med bilateralnim kontrakcijam zaradi medhemisferne inhibicije nitja pokazali manjši motorični potencial (Ohtsuki, 1983 in 1994, v Bračič, 2010).
- Zmanjšanje amplitude motoričnih potencialov iz korteksa se lahko pojavi zaradi zmanjšanja živčnih potencialov v motorični korteks iz talamusa (Asanuma, Fernandez, Scheibel, 1973) ali v motorično področje (Brinkman, 1984, v Bračič 2010), lahko pa pride do inhibicije na nivoju hrbtenjače (Oda, 1997, v Bračič, 2010).

Po Jakobi in Cafarelli (1998) mora torej za pojav BLD priti do sprememb v živčno-mišični kontroli. Manjša produkcija sile med bilateralno maksimalno kontrakcijo je torej posledica manjšega proženja signalov iz centralnega živčnega sistema ali zaradi povečane koaktivacije antagonista (povečane inhibicijska vloge na alfa motorneuron agonista).

Glavne značilnosti BLD, povzete po različnih avtorjih, ki so objavljene v Jakobi in Chilibeck (2001):

- BLD se lahko pojavlja pri dinamičnih in izometričnih gibanjih.
- Pogosteje se pojavlja pri hitrih dinamičnih kontrakcijah.
- Bolj prisoten je pri večsklepnih gibanjih.
- BLD so opazili tako pri športnikih kot pri športnicah in tudi pri ljudeh, ki se ne ukvarjajo s športom (Howard in Enoka, 1991).
- V študiji Ohtsuki (1983) so ugotovili, da se BLD ne pojavi v primeru, ko so izvajali nasprotna bilateralna gibanja s homonimni okončinami (npr. upogib komolca na eni strani in izteg komolca na drugi strani). BLD se torej pojavi pri izvajanju simultane bilateralne kontrakcije homonimnih mišičnih skupin, ki izvajajo gibanje v isti smeri.
- Henry in Smith (1961) poročata, da pri bilateralni kontrakciji zgornjega dela telesa pride do manjše proizvedene sile na dominantni strani telesa. Tako je vpliv dominantnosti na razliko v produkciji sile značilen samo za zgornji del telesa.
- Yahagi in Tatsuya (1999, v Bračič, 2010) sta ugotovila, da obstaja asimetrija v živčni ekscitabilnosti, ki se spreminja glede na dominantno stran roke. Tako obstaja asimetrija med delovanjem hemisfer, ker je pri desničarjih, pri bilateralni produkciji sile, amplituda motoričnih impulzov na dominantni roki statistično večja kot na nedominantni roki. Pri levičarjih pa nista ugotovila statistično pomembnih razlik v amplitudah motoričnih impulzov med dominantno (levo) in nedominantno (desno) roko. Iz sledečega so sklepali, da je pri desničarjih prisotna večja živčna asimetrija med hemisferama.
- Na pojav BLD vpliva unilateralni trening in specifičnost samega športa.

Bračič (2010) je v svojem delu na vzorcu slovenskih vrhunskih šprinterjev ugotavljal pojavnost BLD pri vertikalnih poskokih in njegovo pojavnost glede na dominantno okončino. Ugotovljene so bile biomehanske razlike med bilateralnimi in unilateralnimi poskoki. Amplitude gibanj (koti) v sklepih so se razlikovale v kolku in gležnju, ker je pri enonožnem skoku prišlo do manjšega upogiba kolka in dorzalnega upogiba gležnja. Pri sonožnem odzivu so ugotovili večje hitrosti iztegovalk nog, z upoštevanjem odnosa sila – hitrost, pa je prišlo do

manjše sile. Pri enonožnih skokih so bile hitrosti kontrakcije mišic manjše, a zato večje produkcije sile.

Pretirana uporaba samo bilateralnega treninga lahko vpliva na zmanjšanje pojava BLD (Bračič, 2010). Po pregledu znanstvenih raziskav smo ugotovili, da je v trenažni proces zaradi možnega pojava BLF potrebno vključevati tudi unilateralne vaje, predvsem v panogah, ki zaradi svojih značilnosti zahtevajo ciklični način gibanja z obema okončinama (kolesarjenje, boks, veslanje) (Archontides in Fazey, 1993, v Jakobi in Chilibeck). Tako sta Howard in Enoka (1991) ugotovila, da so bili dvigovalci uteži zaradi načina treninga bolj izpostavljeni BLF, ki pomeni zmanjšanje mišične sile pri unilateralnih gibih. Po Goldbergu (1975) sledi, da s pojavom BLD pri unilateralnem treningu ustvarimo večje sile, kar se odraža v večjih morfoloških spremembah (npr. večja mišična masa) v primerjavi z bilateralnim treningom, kjer je torej produkcija sile manjša.

## **2.2 NASPROTNO-LATERALNI EFEKT/KRIŽNI EFEKT**

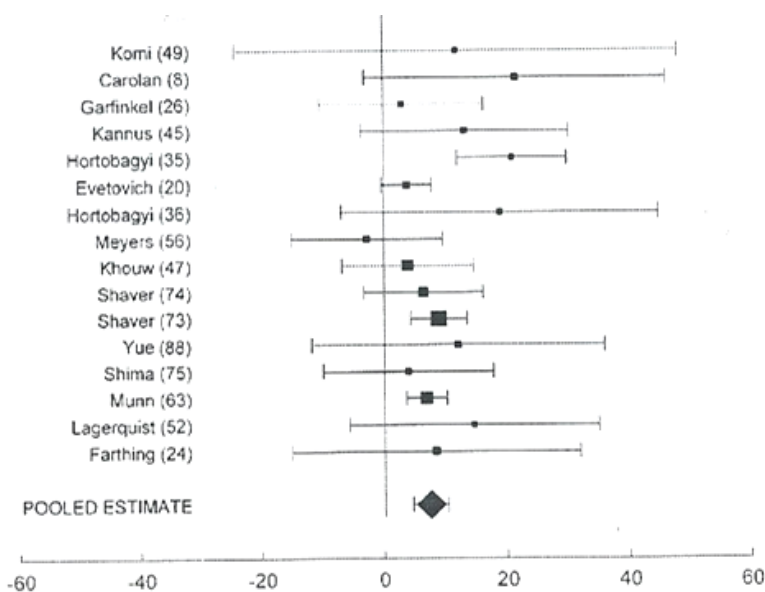
Pojav pri treningu moči, kjer treniranje ene strani telesa (ipsilateralne) poveča mišično moč v mišicah na drugi (nasprotno-lateralni) strani, je postal poznan kot nasprotno-lateralni ali "kontralateralni" efekt treninga moči (Zhou 2000; Munn, Herbert in Gandevia 2004; Carroll idr. 2006). Obstaja več angleških poimenovanj tega efekta in sicer "*cross education*", "*cross transfer*" ali "*contralateral training effect*". Za opis v nadaljevanju bomo uporabljali izraze: nasprotno-lateralni, križni ali "kontralateralni" efekt.

Križni efekt se kaže kot posledica unilateralnega treninga, ki povzroči sposobnost povečanja generacije maksimalne zavestne sile na drugi, netrenirani strani, s tem pa je to verjetno eden izmed najtrdnjših posrednih dokazov, da živčne prilagoditve, nastale posledično s treningom moči, prispevajo k povečanju moči (Lee in Carroll, 2007).

### **2.2.1 Opis značilnosti in pojavljanje**

Ta fenomen so opazili že leta 1894, kjer je Emily Brown na začetku meritev maksimalno stisnila gumijasti obroč z levo roko. Obroč je bil povezan z napravo za merjenje moči stiska dlani. Vseh naslednjih 13 dni je Brownova izvedla 10 maksimalnih kontrakcij z desno roko. Kot rezultat meritev, pa je zadnji dan zopet izvedla maksimalno kontrakcijo z levo roko. Kljub treniranju druge okončine se je moč v levi roki povečala za 43 %. Avtorji so že takrat zaključili, da unilateralni trening z vključevanjem samo ene okončine povzroči povečanje moči v drugi, netrenirani okončini (Carroll, Herbert, Munn, Lee in Gandevia, 2006).

Prav zaradi številnih pomislekov o obstoju in velikosti križnega efekta so Munn, Herbert in Gandevia (2004) izvedli meta analizo, v kateri so na sistematičen način združili vse dosedanje rezultate med seboj neodvisnih študij o tem fenomenu. Opis je tako zavzemal 17 raziskav, v katerih so posamezniki trenirali z intenzivnostjo, ki je bila vsaj 50 % maksimalne zavestne kontrakcije v daljšem časovnem obdobju od dveh tednov. Tako je bilo ugotovljeno, da je v povprečju unilateralni trening povečal moč netrenirane okončine za 7,8 %, moč na trenirani strani telesa pa se je povečala za 35 % (Lee in Carroll, 2007).



**Slika 4: Dokaz o obstoju nasprotno lateralnega efekta (povzeto po Carroll idr., 2006).**

Slika 4 prikazuje prisotnost križnega efekta v 16 študijah, kjer je ocena (■) izračunana kot razlika med povprečno močjo v netrenirani okončini eksperimentalne skupine in kontrolne skupine, ki ni trenirala. Munn idr. (2004) so zaključili, da efekt obstaja, vendar so njegove posledice majhne.

Po pregledani literaturi smo povzeli značilnosti povezane s pojavljanjem križnega efekta:

- Lahko se pojavlja v mišicah zgornjega in spodnjega dela telesa, ne glede na velikost mišičnih skupin (male mišice rok in velike antigraviacijske) (Farthing in Chilibeck, 2003; Lee idr., 2010).
- Verjetno je velikost križnega efekta odvisna tudi od dominantnosti, ker so študije nakazovale večji efekt v primeru treniranja z dominantno okončino (Farthing, Chilibeck in Binsted, 2005, v Bradić, 2011).
- Volumen treninga vpliva na njegovo velikost; trening s tremi serijami je povzročil večji efekt kot trening z eno serijo (Munn, Herbert, Hancock, Gandevia (2005).
- Pojavlja se pri različnih tipih treninga (izometričnih in dinamičnih) (Lee in Carroll, 2007).
- Tudi vrsta kontrakcije vpliva na velikost križnega efekta: unilateralni ekscentrični trening v primerjavi s koncentričnim sproži večje napredke pri moči v nasprotno-lateralnih mišičnih skupinah (Farthing in Chilibeck, 2003).
- Do večjih pozitivnih sprememb moči pri netrenirani okončini pride pri hitrih ekscentričnih kontrakcijah v primerjavi s hitrimi ali počasnimi koncentričnimi (Farthing in Chilibeck 2003, v Bradić, 2011).
- Pomembno vlogo igra tudi amplituda giba, saj manjša amplituda giba vpliva na manjši efekt in obratno. Weir J., Housh, Weir L. in Johnson (1995) navajajo, da je skupina, ki je izometrično trenirala pod kotom 75 °, povečala unilateralnost moč za 12,2 %, medtem ko je skupina pri 45 ° zvečala povečanje moči za 4,1 %.
- Ni odvisen od spola ali starosti.
- Lahko se pojavi pri treningih zavestne kontrakcije (Yue in Cole, 1992, v Bradić, 2003) in električne stimulacije mišic.
- V povprečju križni efekt poveča moč mišic netrenirane okončine za 7,8 %, medtem ko se je moč na trenirani strani povečala za 35 % (Hortobagyi, 2005, v Bradić, 2010).

- Po Farthingu (2009, v Latella, Kidgell in Pearce, 2012) je večji efekt prisoten pri izvajanju novih, neznanih motoričnih nalog.

### **2.2.2 Prilagoditve nasprotno-lateralnega efekta**

Rezultati študij, kjer so preverjali morfološke prilagoditve nasprotno-lateralnega efekta, so pokazali, da unilateralni trening ne povzroči morfoloških adaptacij na netrenirani okončini (Caroll idr., 2006). Kot dokaz temu sta Lee in Carroll (2007) oblikovala sklepe meritev:

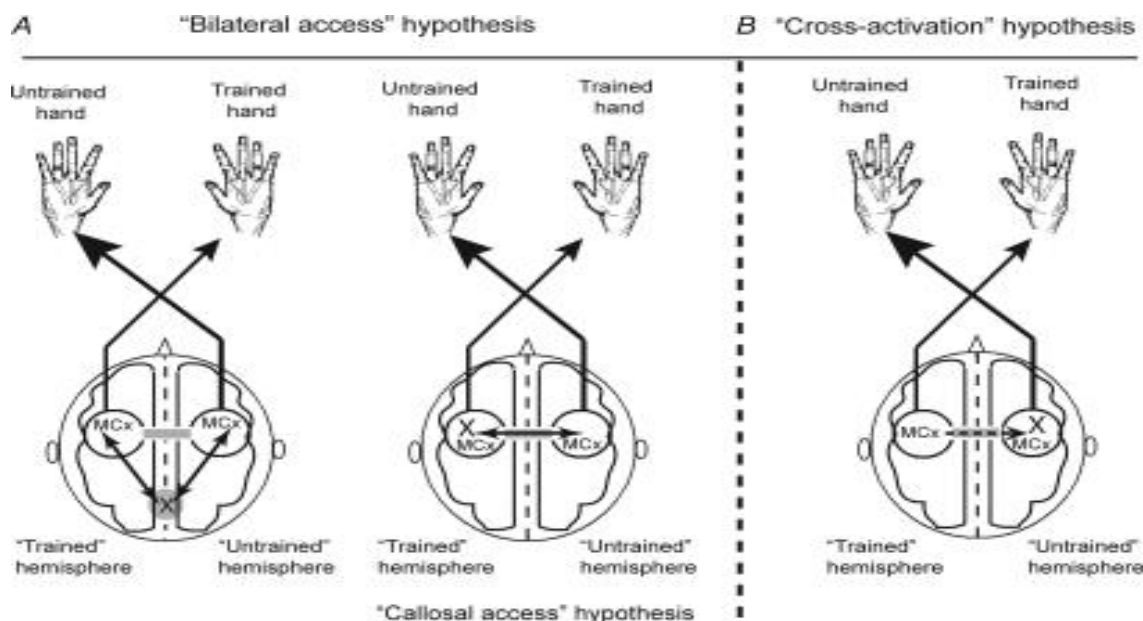
- študije, kjer so uporabljali magnetno resonanco, niso pokazale zaznanih sprememb v prečnem preseku netrenirane mišice;
- študije z uporabo biopsije niso pokazale sprememb v aktivnosti mišičnih encimov in sprememb, ki bi nakazovale pretvorbo mišičnih vlaken v netrenirani okončini;
- križni efekt ni povezan z hormonskim odzivom.

Povečanje moči z unilateralnim treningom, pri odsotnosti morfoloških adaptacij v netrenirani okončini, močno nakazuje dejstvo, da gre za spremembe v živčnem sistemu oz. da je za efekt odgovoren centralni živčni sistem (Lee in Carroll, 2007).

### **2.2.3 Potencialni mehanizmi nasprotno-lateralnega efekta**

Natančni in jasno določeni mehanizmi, ki vplivajo na nasprotno-lateralni transfer moči pri unilateralnem treningu, so nejasni (Lee in Carroll, 2007).

Zaradi zapletenosti tega fenomena se v strokovni literaturi uporabljata dva možna potencialna mehanizma (hipotezi), ki razložita njegovo delovanje (Lee in Carroll, 2007; Lee idr., 2010). Prva govori o modifikaciji kontralateralnih motoričnih poti, kjer unilateralni trening vpliva na učinkovitost proženja pulzov do netreniranih mišic. Hipoteza torej temelji na spremenjeni ekscitaciji spinalnih in kortikalnih motoričnih poti na nasprotno-lateralno strani. To posledično vodi k povečanju kapacitet motoričnih poti do netreniranih mišic, kar se kaže v večji mišični moči. Druga hipoteza govori o prilagoditvah v motoričnih predelih, ki so primarno vključeni v kontrolo gibanja trenirane okončine. Lee idr. (2010) to hipotezo delijo še v dve kategoriji in sicer na "*bilateral access*" (A) in "*cross-activation*" (B). Pri (A) se zgodijo prilagoditve v predelih motoričnega korteksa, kjer pridejo bilateralne projekcije do obeh hemisfer. Lahko pa pride do adaptacij v trenirani hemisferi, kjer se med kontrakcijo zaradi nitja zgodijo prilagoditve tudi na netrenirani hemisferi in posledično na netrenirani okončini (Slika 5). Hipoteza B govori o tem, da bilateralna motorična aktivnost med unilateralni treningom povzroči prilagoditve v netrenirani hemisferi, ki kažejo izboljšanje na netrenirani roki.



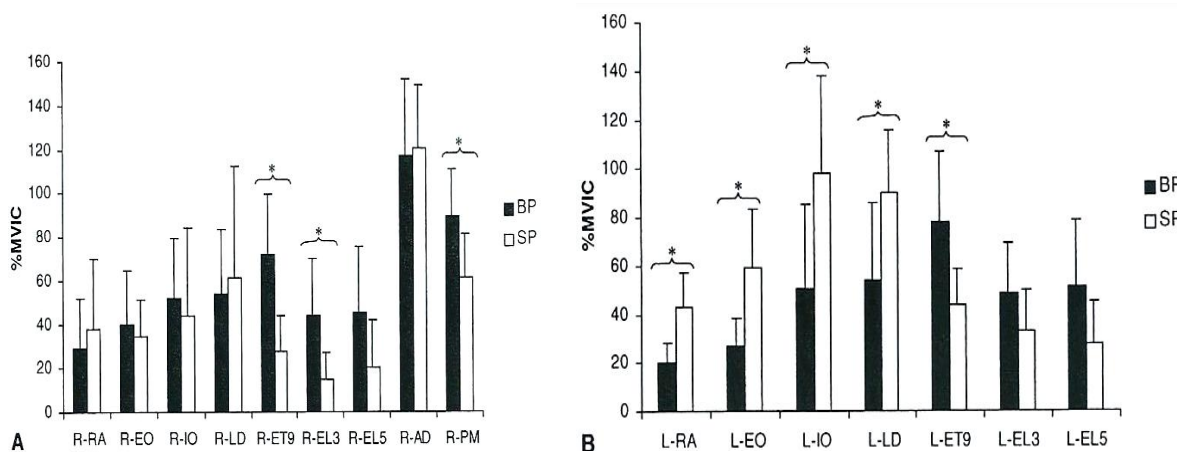
Slika 5: Shematski prikaz hipotez o mehanizmu križnega efekta. X nakazuje mesto prilagoditev v centralnem mehanizmu (povzeto po Lee idr., 2010).

### 2.3 RAZLIKA V AKTIVACIJI MIŠIC MED BILATERALNIM IN UNILATERALNIM NAČINOM IZVAJANJA VAJ MOČI

Glavni namen številnih raziskav je bil primerjati elektromiografsko aktivnost različnih mišičnih skupin med unilateralnim in bilateralnim načinom izvajanja vaj za moč. Prav zaradi potreb po treniranju celotnega telesa smo v diplomsko nalogo vključili tudi raziskave, kjer so primerjali razlike v EMG aktivnosti mišic na zgornjih okončinah, predvsem z ozirom na mišice trupa (stabilizacijske mišice). Za stabilizacijske mišice trupa se uporablja tudi angleški termin "Core", ki po Bergamarku (1989, v Saeterbakken in Fimland, 2012) opisuje ledveno-medenični kompleks in mišice, ki ga obkrožajo. Razvoj stabilizacije trupa je zelo pomemben element, ki mora biti prisoten pri treningu moči (Bray, Lake in Shorter 2010). Zmanjšane bolečine v predelih ledvenega dela hrbtenice, preventiva pred poškodbami, večji napredek v moči in boljši transfer na športnikovo zmogljivost je le nekaj dejavnikov, na katere vpliva povečana stabilizacija trupa.

Santana, Vera-Garcia in McGill (2007) so v svoji raziskavi primerjali, do kakšnih omejitev in razlik pride med tradicionalnim bilateralnim potiskom s prsi (vertikalna smer) in stoječim enoročnim potiskom s prsi s škripčevja (horizontalna smer). Zanimalo jih je predvsem, kakšno silo lahko telo generira v stojećem potisnem položaju in primerjava aktivacije mišic trupa ter mišic okrog ramenskega obroča pri bremenu 1 RM. Tako je sila potiskanja s škripčevja omejena z različnimi dejavniki, kot so večja motorična kontrola, potisna moč mišic, stabilizacija ključnih sklepov celega telesa, razporeditev teže telesa posameznika med dvema nogama, sposobnosti ohranjanja primerne drže in smer potiska. Rezultati meritev so pokazali, da so merjenci stoje enoročno potisnili 33,4 % bremena svoje lastne teže, medtem ko so bilateralno leže potisnili 95,4 % bremena svoje lastne teže. Do statističnih razlik je prišlo tudi pri normalizirani EMG amplitudi, ker sta pri bilateralnem potisku s prsi daleč največjo aktivacijo dosegla sprednja deltasta mišica (117,2 % MVIC – *maximal voluntary isometric contraction*) in velika prsna mišica (98,7 % MVIC) ob dobri podpori mišic

vzravnalk trupa v predelu T9 (okrog 70 % MVIC). Pri unilateralnem potisku pa ni prišlo do statistično drugačne aktivacije med agonisti in stabilizatorji. Tako je aktivacija desne deltaste mišice (120,5 % MVIC) in velike desne prsne mišice (61,3 % MVIC) statistično enaka med levo notranjo poševno trebušno (98,4 % MVIC) in levo široko hrbtno mišico (90,1 % MVIC). Avtorji so tako ugotovili, da je pri unilateralnem stoječem potisku z desno roko prišlo do večje aktivacije trebušnih mišic in mišic hrbta na levi strani kot pa pri bilateralnem potisku (Slika 6).



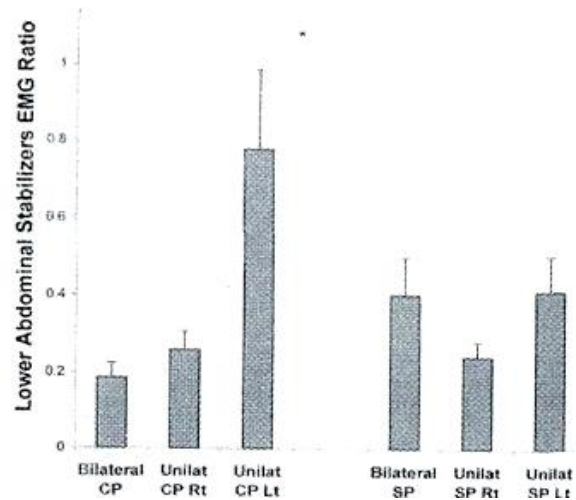
**Slika 6: Prikazane so povprečja in standardne deviacije normaliziranih EMG signalov amplitud za 1 RM pri bilateralnem (BP) in unilateralnem potisku (SP). Graf A prikazuje desno stran mišic ramenskega obroča in trupa, graf B pa levo stran mišic trupa. (Santana idr., 2007).**

Iz Slike 6 je razvidno, da se pri unilateralnem načinu izvajanja vključuje nasprotno-lateralna stran mišic trupa, da telo ohranja v ravnotežnem in stabilizacijskem položaju. Iz tega lahko sklepamo, da ima vertikalni, ležeči potisk s prsi zelo malo podobnosti s potiskanjem v horizontalni smeri stoje. Unilateralni potisk zahteva večjo stabilnost in živčno-mišično kontrolo mišic trupa. Hkrati se te mišice pojavljajo kot omejitveni dejavnik aktivacije mišic ramenskega obroča, saj zmanjšajo njihovo vlogo.

Po Behmanu in Andersonu (2006) izvajanje vaj na terapevtski veliki žogi povzroči povečanje aktivacije mišic trupa in primerno zmanjšanje aktivacije agonističnih mišic. Prav zato so Bray, Lake in Shorter (2010) v svoji študiji primerjali EMG amplitude mišic trupa in agonistov (sprednja deltasta mišica in velika prsna mišica) med potiskom s prsi z ročkami na žogi in na klopi. Rezultati so pokazali večjo aktivacijo preme trebušne mišice pri unilateralnem potisku s prsi, aktivacija prsnih mišic pa se ni spremenila. Iz tega so zaključili, da uporaba unilateralnih vaj na nestabilnih površinah močno vpliva na aktivacijo mišic trupa (v primeru izvajanja giba z levo roko se močno poveča aktivacija desne strani poševnih trebušnih mišic) z majhnim učinkom na agonistične mišice.

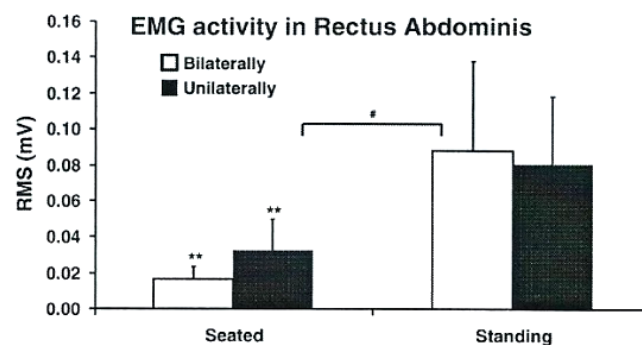
Behm, Leonard, Young, Bonsey in MacKinnon (2005) so predpostavljali, da uporaba nestabilnih površin lahko vodi do zmanjšanja sposobnosti generiranja zunanje sile prav zaradi povečane stabilizacijske vloge mišic. Rezultati so pokazali, da so bila statistično značilna povečanja aktivacije vzravnalk trupa in spodnjih trebušnih, samo pri potisku s prsi (Slika 7). Do teh razlik pa ni prišlo pri potisku z ramen, kar so avtorji razložili s postavljanjem centra gravitacije merjenca točno pod center gravitacije žoge, s čimer se ustvari stabilna podpora. Težiščnica gravitacije je pri potisku s prsi tako potekala izven baze podporne površine žoge,

kar je vplivalo na povečano aktivacijo. Tako enoročne vaje izven centra gravitacije povzročijo še večje rotacijske navore, ki rušijo ravnotežni položaj.



**Slika 7:** Prikazane so vrednosti EMG aktivnosti spodnjih trebušnih mišic med bilateralnim in unilateralnim (unilat.) potiskom s prsi (CP) in potiskom z ramen (SP) (povzeto po Behm idr., 2005).

V študiji sta avtorja Saeterbakken in Fimland (2011) predpostavljala, da bodo unilateralne vaje, izvedene stoje z ročkami, vplivale na večjo živčno-mišično kontrolo stabilizatorjev, v primerjavi z bilateralnim in sedečimi potiski z ramen. EMG aktivnost preme trebušne mišice se je povečala v stoječem položaju (tako pri bilateralnem in unilateralnem načinu izvajanja). Torej podobna EMG aktivacija med stoječim unilateralnim in bilateralnim potiskom z ramen lahko odraža povečano stabilizacijsko vlogo preme trebušne mišice v obeh primerih. Gre za ko-kontrakcijo preme trebušne mišice z vzravnalko trupa, v izogib fleksiji ali ekstenziji trupa med samim izvajanjem vaje (Arokoski, Valta in Airaksien, 2001, v Saeterbakken in Fimland, 2012), tako da so stabilizacijske zahteve bile vzpostavljene že do te mere, da unilateralni način ni še dodatno povečal aktivacijo trupa.

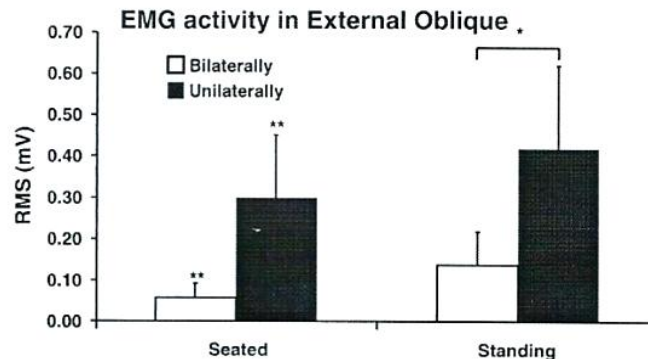


**Slika 8:** EMG aktivnost preme trebušne mišice pri sedečem in stoječem potisku s ramen (povzeto iz Saeterbakken in Fimland, 2012).

Na Sliki 8 vidimo ~49% manjšo aktivacijo preme trebušne mišice pri sedečem bilateralnem potisku kot pri sedečem unilateralnem. EMG amplituda je zaradi vzpostavljanja ravnotežnega položaja znatno večja pri stoječih variacijah. Pri bilateralnem sedečem potisku gre za ~81% manjše vrednosti preme trebušne kot pa pri bilateralnem stoječem potisku. Unilateralni sedeči

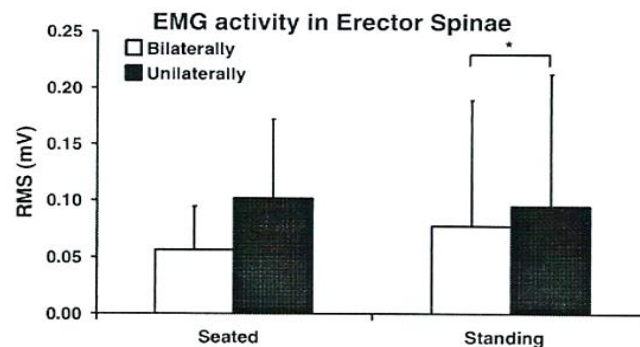


potisk v primerjavi z unilateralnim stoječim potiskom povzroči ~59% nižjo aktivacijo preme trebušne mišice. Statistično značilnih razlik ni med stoječim bilateralnim in unilateralnim potiskom z ramen (Saeterbakken in Fimland, 2012).



**Slika 9: EMG aktivnost zunanje poševne trebušne mišice pri sedečem in stoječem potisku s ramen (povzeto iz Saeterbakken in Fimland, 2012).**

Slika 9 prikazuje povečano funkcijo zunanje poševne mišice, saj je njena primarna funkcija rotacija hrbtenice na nasprotno stran in stabilizacija trupa (upiranje lateralnim fleksijam). Pri bilateralnih vajah, zaradi bremena v obeh rokah, do tega ne prihaja in to zmanjša rotacijske sile. Tako je aktivacija zunanje poševne mišice pri sedečih bilateralnih potiskih ~81% nižja kot pri unilateralnem, medtem ko je pri stojećih bilateralnih potiskih aktivacija za ~68% nižja kot pri unilateralnih potiskih z ramen. V primerjavi EMG aktivnosti med unilateralnimi vajami ni bilo statistično značilnih razlik med sedečim in stoječim potiskom, pri bilateralnih je ta razlika ~58% (Saeterbakken in Fimland, 2012).



**Slika 10: EMG aktivnost vzravnalke hrbta pri sedečem in stoječem potisku s ramen (povzeto iz Saeterbakken in Fimland, 2012).**

Povečana aktivnost EMG signala vzravnalke trupa je bila statistično značilno podobna za oba sedeča načina izvajanja potiska z ramen, za oba bilateralna načina (stoje ali sede) in oba unilateralna načina (stoje ali sede). Statistično značilno razliko v aktivnosti vzravnalke trupa so opazili le pri stojećih potiskih, torej v primeru večjih stabilizacijskih zahtev ; ~18% nižja aktivnost pri stojećem bilateralnem kot pri stojećem unilateralnem potisku z ramen (Saeterbakken in Fimland, 2012).

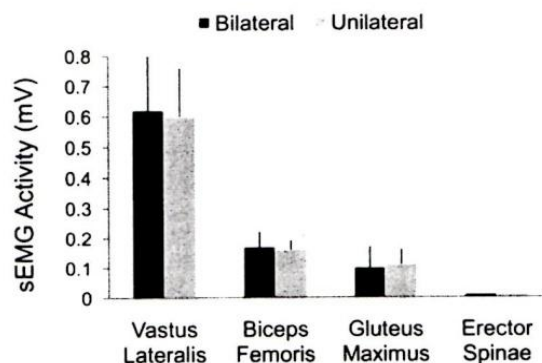
Kljub dejstvu da se večino gibanj in premikov izvaja unilateralno ali s prenosom teže telesa na eno samo nogo, McCurdy idr. (2010) ugotavljajo, da je najpogosteje uporabljena vaja za povečanje moči spodnjega telesa prav bilateralni počep. Za doseg specifičnih ciljev v



trenažnem in rehabilitacijskem procesu ter zaradi pomanjkanja raziskav o mišičnoaktivacijskih vzorcih na kolenski in kolčni sklep, so zgornji avtorji v svoji študiji (2010) primerjali vpliv EMG aktivnosti mišic med bilateralnim in unilateralnim počepom. Enonožni unilateralni počep zaradi zmanjšane mediolateralne podporne površine zahteva večjo nevro-mišično aktivnost, da podpira telo v frontalni ravnini. Prav zaradi tega zahteva podobne specifične vložke moči in proprioceptivne zahteve kot pri sami športni aktivnosti (McCurdy idr., 2010).

Rezultati so pokazali razlike v EMG aktivnosti mišic kljub enakemu relativnemu bremenu pri obeh vajah. Pri unilateralnem počepu so opazili večje statistično značilno povečanje pri srednji zadnjični mišici in zadnjih stegenskih strunah. Besier, Lloyd in Ackland (2003) so ugotovili, da so zadnje stegenske strune aktivirane z namenom upiranja notranji rotaciji kolena, zmanjšana podporna površina pa ima na njihovo aktivnost večji efekt kot pa naklon trupa. Notranja rotacija kolena je povezana z odpiranjem kolena navznoter (valgus), kar se največkrat zgodi pri unilateralnem počepu. Srednja zadnjična mišica služi temu, da preprečuje lateralne premike medenice, še večjo aktivnost pa so dosegli ob kontroli valgusa. Torej se vključevanje unilateralnega počepa, zaradi boljše sklepne stabilizacije kolka, medenice in kolena, priporoča v športih, kjer je prisotno veliko doskokov in hitrih sprememb smeri (McCurdy idr., 2010). Pri bilateralnem počepu je bila izražena večja aktivnost sprednje štiriglave stegenske mišice in razmerje med sprednjimi in zadnjimi stegenskimi mišicami. Večjo aktivnost štiriglave stegenske mišice med bilateralnim počepom so avtorji razložili zaradi boljših potencialov izvedbe iztega kolena na stabilni površini, z manj valgus gibanja. Večje razmerje moči med sprednjimi in zadnjimi stegenskimi mišicami, ki se pojavi pri bilateralnem počepu, lahko ustvarja ali poveča mišično neravnovesje v kolenskem sklepu, zato unilateralni počep lahko ohranja mišično ravnovesje.

V študiji avtorja Jonesa idr. (2012) so prav tako primerjali razliko med bilateralnim in unilateralnim počepom, kjer niso ugotovili statistično značilnih razlik med amplitudami EMG signala mišic (lateralne glave stegenske mišice, dvoglave stegenske mišice, velike zadnjične mišice in vzravnavk trupa) med tema vajama. Tako gre pri enonožnem počepu za večje stabilizacijske zahteve, odvisne od živčno-mišične kontrole. Kljub manjšemu absolutnemu bremenu povzroči unilateralni počep primerljivo aktivacijo mišic z bilateralnim, kar nakazuje spodnji graf na sliki 11.



**Slika 11: Prikaz EMG aktivnosti mišic med bilateralnim in unilateralnim počepom (povzeto po Jones idr., 2012).**

Unilateralne vaje so v obeh študijah (McCurdy idr., 2010; Jones idr., 2012) močno zmanjšale celotno delo vadbeni enoti, predvsem na račun manjšega zunanjega bremena. Pričakovana vrednost celotnega opravljenega dela pri unilateralnih vajah je 50 % bilateralnega, vendar ta primerjava ne drži vedno (Jones idr., 2012). V primerjavi dela med vajami za spodnji del

(počep) so ugotovili, da so posamezniki med unilateralnim počepom opravili le 42 % celotnega bilateralnega dela. Po Jonesu idr. (2012) gre tu za omejitve, ki jih je potrebno vseskozi upoštevati. Pri unilateralnem počepu je sprednja noga stabilno na tleh, medtem ko je zanožena noga v kontaktu s klopjo. Tako pride do vključevanja mišic zanožene noge, ki opravlja nekaj dela. Kljub temu da sprednja noga opravlja večino dela, so potrebne nadaljnje raziskave, ki bi raziskale problem prerazporeditev teže med nogama. V primeru, da bi bila celotna teža posameznika in zunanje breme razporejena samo na sprednji nogi, bi opravili 64 % celotnega bilateralnega dela, kar nakazuje pojav bilateralnega deficita (Jones idr., 2012).

## **2.4 VPLIV UNILATERALNIH VAJ NA RAZLIČNE POJAVNE OBLIKE MOČI, GIBALNO UČINKOVITOST, UTRUJANJE TER REHABILITACIJO PO POŠKODBAH**

### **2.4.1 Vpliv unilateralnih vaj povečanje maksimalne moči**

Iz zgornjih opisanih študij o aktivaciji mišic med unilateralnimi vajami za moč (Santana idr., (2007); Behm idr., 2005; Behm in Anderson 2006; McCurdy idr., 2010) opazimo, da omejitvena dejavnika aktivacije agonističnih mišic postaneta povečana stabilizacija trupa in nestabilni pogoji, zato je pri unilateralnem treningu maksimalne moči potrebno ustvariti optimalne pogoje, ki bodo vadečemu nudila razvoj maksimalne sile agonista. V te namene lahko uporabljamo številne trenažerje, ki omogočajo stabilen položaj (npr. potisk z nogami, izteg kolena, potisk z ramen itn.).

### **2.4.2 Vpliv unilateralnih vaj na povečanje mišične mase**

Že iz raziskav o morfoloških prilagoditvah vemo, da lahko z uporabo unilateralnih vaj vplivamo na morfološke spremembe v mišici, torej tudi na povečan prečni presek mišice. Uporaba unilateralnih vaj le za zgornji del telesa sproži premajhen endokrini odziv (Migiano idr., 2010), kar pa ne velja za uporabo unilateralnih vaj za spodnji del telesa. Housh idr. (1998) so v svojih dveh študijah želeli raziskati vpliv dinamičnega unilateralnega koncentričnega in ekscentričnega treninga na povečan prečni presek. Po osmih tednih vadbe so samo pri koncentričnih obremenitvah ugotovili povečan presek na strani trenirane mišice za 3,3 %.

### **2.4.3 Vpliv unilateralnih pliometričnih vaj za spodnje ude na pliometrijo**

V študiji (McCurdy idr., 2005) so pri skupini začetnikov pri treningu moči izvajali sonožne in enonožno poskoke, kjer so ugotovili, da imata oba načina izvajanja pliometričnih vaj enake učinke na zgodnje napredke v unilateralni in bilateralni eksplozivni moči. Skupina, ki je vadila v unilateralnih pogojih, je vrednosti višine in moči pri enonožnem skoku izboljšala bolj kot pa skupina, ki je vadila v bilateralnih pogojih. Statistično še večje razlike med bilateralnimi in unilateralnimi reaktivnimi metodami se pojavijo s trenažnim statusom, za izboljšano funkcionalno in eksplozivno moč pa je boljša uporaba unilateralni vaj. Pri tem se celotna telesna teža posameznika razporedi na eno nogo, mišične skupine pa premagujejo breme pri večji relativni intenzivnosti, ki je ključna za napredke v aktivacijski obliki moči (McCurdy idr., 2005).

Makaruk, Winchester, Sadowski, Czaplicki in Sacewicz (2011) so preučevali vpliv pliometričnih vaj na izboljšane vrednosti v eksplozivni moči. V prvih šestih tednih je pri enonožni pliometriji prišlo do izboljšanja v moči in višini skokov, ki so bili izvedeni na unilateralni, bilateralni ali kombinirano vadbo, medtem ko je bilateralni trening statistično vplival na boljše vrednosti le pri bilateralnih skokih. Naslednjih šest tednov se vrednosti višine skoka in moči pri unilateralni skupini niso spremenile, te vrednosti so se začele povečevati le še pri bilateralnem načinu. V obdobju štirih tednov po trenažnem procesu je bila opažena zmanjšana sposobnost generiranja moči in višine pri enonožnih skokih, medtem ko je pri sonožnih prišlo do vzdrževanja, kar kaže na različno dolge učinke pliometričnih vaj, izvedenih z eno ali z obema nogama. Pri unilateralnih skokih je kontaktni čas daljši, zato na podlagi odnosa sila-hitrost vplivamo na večje napredke v moči, medtem ko pa imajo bilateralni skoki večji vpliv na hitrost gibanja (Makaruk, 2011). Po Makaruk idr. (2011) naj bi do večjih napredkov pri unilateralnih skokih prišlo zaradi učinkovitejše rekrutacije mišic in povečane stabilizacije mišic. Pri bilateralni pliometriji gre za linearno povečanje vrednosti v obdobju 12 tednov, pri unilateralni pliometriji pa govorimo o hitrejšem prirastku.

Izvajanje enonožne pliometrije je učinkovitejše za hitro zvečanje moči v kratkem trenažnem obdobju, ko mora športnik dvigniti svoj nivo pripravljenosti pred pomembnimi tekmami in v makrociklu z več vrhovi. Pri sonožni pliometriji gre za vzdrževanje visokega nivoja eksplozivne moči tudi do štirih tednov po koncu treniranja pliometrije, zato jo uporabljamo predvsem v športih, ki zahtevajo vzdrževanje moči skozi daljše tekmovalno obdobje.

Pri uporabi unilateralne pliometrije se zaradi razporeditve teže posameznika na eno samo okončino pojavijo zelo velike relativne intenzivnosti mišičnih skupin in velike sile na organizem v fazi doskoka. Prav zato je pri izbiri unilateralnih vaj potrebno upoštevati fizične sposobnosti posameznika in postopnost obremenjevanja. V zgornji študiji so ugotovili, da imata oba načina izvajanja poskokov enake vplive na napredke v eksplozivni moči pri začetnikih v treningu moči. Vpeljava unilateralne pliometrije je v procesu treninga moči smiselna pri izkušenejših vadečih, saj prehitra uporaba unilateralnih pliometričnih vaj lahko povzroči preobremenjevanje gibalnega aparata in poškodbe.

#### **2.4.4 Vpliv unilateralnih vaj na izboljšanje gibalne učinkovitosti**

Z unilateralnimi vajami vplivamo na izboljšano gibalno učinkovitost, saj sta ohranjanje in razvoj osnovnih specifičnih funkcijskih gibov nujno potrebna tudi v vsakodnevnem življenju. Gibalna učinkovitost je torej predlog termina funkcijskega gibanja (*functional movement*) in funkcijske vadbe (*functional training*) (Cook, 2010).

Asimetrija opisuje pojem neenakomernosti v gibalni učinkovitosti, ki opisuje strukturalne in funkcijske probleme. Strukturalni problemi se nanašajo na neskladje v dolžini mišic, spremembe v ukrivljenosti hrbtenice, neskladje v razvoju, travmatske poškodbe in anatomske spremembe (npr. spremenjena anatomija sklepov), funkcijska asimetrija pa opisuje spremenjene funkcije in gibalne sposobnosti med levo in desno stranjo telesa, ki so merljive. Asimetrije, ki se pojavljajo, so lahko kombinacija strukturalnih in funkcijskih problemov, s korekcijskimi vajami pa lažje vplivamo na funkcionalno asimetrijo (Cook, 2010).

Bilateralna asimetrija v mišični moči je definirana kot relativna razlika v maksimalnem mišični učinkovitosti med dvema okončinama in je pogosto uporabljena kot funkcionalni deficit, ki je povezan s poškodbami (Ceroni, Martin, Delhumeau in Farpour Lambert, 2012). Pretirana uporaba samo ene vrste okončin in samo ene strani telesa, zgodovina poškodb in

športno specifične zahteve so dejavniki, ki vplivajo na samo učinkovitost ukvarjanja s športom. Največkrat se za odkrivanje asimetrij in neravnovesij med mišicami nog uporablja prav enonožni vertikalni skok (Newton idr., 2006), kajti največ poškodb pri športu in v vsakdanjem življenju se zgodi prav zaradi bilateralne asimetrije med mišicami nog. Po Bračiču (2010) športniki (šprinterji, košarkarji, nogometaši, rokometiši itn.) izvajajo veliko število sonožnih poskokov z namenom razvijanja večje odrivne sile, zaradi nepravilnih doskokov pa se s časom lahko pojavijo številne poškodbe in preobremenitveni sindromi spodnjih udov.

Bilateralni počep se najpogosteje smatra kot najboljša simetrična vaja, toda obstaja več študij, ki so odkrili bilateralno asimetrijo med izvajanjem počepa (Kobayashi idr., 2010). Z večanjem zunanjšega bremena se je statistično povečevala razlika med nogama, in sicer navor v gležnju in kot v kolku. Bilateralna asimetrija na spodnjih okončinah se lahko kompenzira z nagibom trupa naprej pri počepu, kar lahko vodi tudi do poškodb v ledvenem delu.

Z uporabo unilateralnih vaj moči vplivamo na izboljšano simetrijo med okončinami, saj poudarek na krepitvi ene okončine (neodvisno od druge) vpliva na izboljšano delovanje oslabeledih in nefunkcionalnih mišic. Ob tem se zaradi zmanjšane podporne površine, povečanih stabilizacijskih vlog mišic in vzdrževanja telesnega segmenta v točno določeni ravnini (vključevanje anti-rotatorjev) povečano vključujejo tudi mišice, ki so manj aktivne pri bilateralnih gibanjih. Glavna primarna vloga enonožnih vaj je po Robertsonu (2004) izboljšanje stabilnosti sklepov, ravnovesja med obema nogama in preventiva pred poškodbami. Glavni cilj stabilizatorjev je omogočiti gibanje segmenta v eni sami ravnini, s preprečevanjem gibanja v ostalih dveh, kar je največkrat poglavitni vzrok za poškodbe na spodnjih udih, boljša stabilizacijska vloga mišic pa vpliva na večjo aktivacijo mišic, ki primarno izvajajo gib. Torej, z unilateralnimi vajami moči izboljšamo stabilnost, transfer izboljšane stabilnosti pa se pozitivno kaže pri izvajanju bilateralnih vaj. Bilateralni trening ne izraža preventivne vloge enonožnega treniranja (Boyle, 2007).

#### **2.4.5 Vpliv unilateralnih vaj na živčno-mišično utrujenost**

Matkowski, Place, Martin in Lepers (2011) so primerjali živčno-mišično utrujenost med submaksimalno izometrično kontrakcijo z eno in z obema okončinama pri enaki relativni sili. Vzdrževanje submaksimalne kontrakcije vodi do utrujenosti, ki se kaže v zmanjšanju maksimalne zavestne sile in v krajšem času delovanja. Avtorji so tako ugotovili daljši čas do mišične odpovedi pri unilateralnem načinu izvajanja gibalne naloge, predvsem zaradi razlik v aktivacijskih vzorcih, manjši stopnji absolutne sile in manjši mišični masi. Razlike v velikosti centralne utrujenosti med unilateralnimi in bilateralnim načinom lahko nastanejo zaradi povečanih metabolitov, ker povečajo aktivacijo III in IV aferentnih vlaken.

#### **2.4.6 Vpliv unilateralnih vaj na rehabilitacijo**

Unilateralne vaje se v veliki meri uporabljajo v rehabilitacijske namene, saj eno okončino krepimo neodvisno od druge. Pozitivni učinki unilateralnega treninga v procesu rehabilitacije se kažejo tudi zaradi nasprotno lateralnega efekta (Lee in Carroll, 2007). Tu gre predvsem za akutne poškodbe okončin in nekatere živčne okvare, ki vplivajo na funkcijske sposobnosti mišice. Vse te okvare vplivajo na zmanjšano sposobnost regeneriranja sile, zmanjšajo amplitudo giba in največkrat povzročijo atrofijo mišic (Antonutto, Capelli, Girardi, Zamparo

in Diprampero, 1999). Poškodba ligamentov in kosti povzroči imobilizacijo, ki pa se kaže v povečani togosti sklepa in zmanjšani funkciji mišic. Prav zaradi tega efekt predstavlja alternativno metodo, kjer s treniranjem zdrave strani telesa vplivamo na večjo moč v poškodovani ali okvarjeni mišici (Daneshmandi idr., 2007).

#### **2.4.7 Vpeljava unilateralnih vaj v trenažni proces moči**

Ugotavljamo, da se v znanstvenih raziskavah pojavlja pomanjkanje točnih določil, ki bi definirale, kdaj je uporaba unilateralnih vaj moči najprimernejša. Enoročne in enonožne vaje zaradi svoje narave vplivajo na drugačne živčno-mišične zahteve. Prav zaradi tega trenerji začnejo trening moči z osnovnimi bilateralnimi vajami, s poudarkom na pravilni tehniki. Izbira osnovnih bilateralnih vaj se ne zdi napačna, toda največkrat se zgodi, da trenerji, zaradi želje po čim večjem transferju treninga moči na športno učinkovitost, pozabljajo na unilateralne vaje. S konstantnim dodajanjem bremena in istimi bilateralnim treningom vplivajo na monotonost treninga in na upad sposobnosti (pojav bilateralne facilitacije). Tako ugotovimo, da so unilateralne vaje kljub nekoliko zahtevnejši izvedbi (predvsem enonožne) primerne v trenažnem procesu. Po Jones idr. je vloga kondicijskih trenerjev vpeljati unilateralni trening že v začetne faze (brez unilateralne pliometrije), saj z manj bremena dosežemo, da se telo lažje prilagaja na postopno obremenjevanje. Unilateralne vaje, izvedene z spodnjimi udi, postanejo zahtevne že zaradi lastne teže hkrati pa povzročijo velik stres in primeren stimulus na telo. Z uporabo unilateralnih vaj varujemo posameznika pred prehitrim obremenjevanjem z dodatnimi utežmi, predvsem pri nižji starostni skupini, ko so sklepne, obkelpne in mišične strukture še v fazi rasti (Jones idr., 2012).

Vključevanje unilateralnih vaj je nujno potrebno tudi pri vrhunskih športnikih, ker s svojimi specifičnimi odzivi vplivajo na boljšo športnikovo zmogljivost. Po Robertsonu (2011) je uporaba unilateralnih vaj moči smiselna tudi po koncu tekmovalnega obdobja in v fazi priprav, saj z uporabo majhnih bremen razbremenimo telo, istočasno pa vplivamo na razvoj stabilizatorjev, antirotatorjev, ravnotežja in boljšega proprioceptivnega delovanja. Hkrati se v tem obdobju pojavi nekoliko več časa, zato lahko odpravljamo asimetrije in poskrbimo za primerno moč mišic, ki so slabše razvite in nefunkcionalne.

### 3. SKLEP

Unilateralni trening moči je nepogrešljiv element v procesu treninga, ker se večina športnih in vsakodnevnih aktivnosti izvaja in dovrši z enim udom. V nasprotju s tem pa večina ljudi še vedno za napredke v izboljšanju motoričnih sposobnosti uporablja samo bilateralne vaje.

Unilateralni trening moči prav tako kot bilateralni trening povzroči živčno-mišične prilagoditve. Mišične prilagoditve unilateralnih vaj se ob vključevanju dovolj velikih mišičnih skupin kažejo v povečanem endokrinem odzivu, torej v povečanih koncentracijah anaboličnih hormonov. Večje hormonske odzive povzročijo večsklepne unilateralne vaje za spodnje okončine, ki se v športni praksi največkrat uporabljajo kot vaje za pridobivanje mišične mase. Medtem ko so morfološke prilagoditve, ki povzročijo povečanje moči, dobro raziskane in dokazane, je področje živčnih prilagoditev še dokaj neznan. Zaradi številnih nasprotnih mnenj, rezultatov in neznank se pogosto postavljajo le hipoteze in teorije, ki bi bile potencialen vzrok za povečanje moči, pri unilateralnem treningu moči pa se poleg izboljšane znotraj mišične in medmišične koordinacije zaradi še večjih specifičnih vplivov centralnih mehanizmov pojavljata dva fenomena – pojav bilateralnega deficita in križni efekt. Pri bilateralnem deficitu gre za manjšo proizvedeno maksimalno silo pri bilateralnih gibanjih od vsote maksimalnih sil, proizvedene pri unilateralnih gibanjih (Jakobi in Chilibeck, 2001). Križni efekt je po Lee in Carroll (2007) najtrdnejši dokaz, da živčne prilagoditve unilateralnega treninga vodijo do povečanja moči. Za potrebe športne znanosti bi bile smiselne še številne raziskave, ki natančneje raziskale vpliv unilateralnega treninga in pojavnost križnega efekta na druge motorične sposobnosti (npr. ravnotežje, hitrost, koordinacija).

Ugotovljene so bile razlike na podlagi merjenja mišičnih aktivnosti med istimi bilateralnimi in unilateralnimi vajami tako za zgornji del kot tudi za spodnjega. V večini raziskav je bila pri unilateralnih vajah za zgornji del telesa opažena zmanjšana aktivacija primarne mišice, ki gib izvede, pri tem pa je prišlo do vključevanja stabilizacijskih mišic trupa na nasprotno-lateralni strani, z namenom ohranjanja telesa v ravnotežnem položaju skozi celotno amplitudo giba. Pri unilateralnih vajah za spodnji del pa je prišlo do vključevanja drugih mišičnih skupin. Do teh sprememb pride zaradi zmanjšane podporne površine in večjega vključevanja sklepnih stabilizatorjev. Po Robertsonu (2011) je tako cilj unilateralnih vaj izboljšanje stabilizatorjev, kar pa se pri bilateralnih vajah posledično izraža z večjim zunanjim bremenom.

Unilateralne vaje moči vplivajo na pojavne oblike moči. Lahko jih uporabljamo pri treningu pridobivanja mišične mase, po nekaterih avtorjih pa se, zaradi manjše aktivacije agonističnih mišic in zaradi povečanih stabilizacijskih zahtev, ne uporabljajo v treningu maksimalne moči. Tu so potrebne nadaljnje raziskave, ki bi preučevale vpliv unilateralnih vaj moči v optimalnih pogojih na povečanje maksimalne moči. Uporaba pliometričnih vaj mora biti s strani trenerjev zaradi velikih obremenitev in večjih stabilizacijskih zahtev uporabljena previdno in postopno, še posebej pri nižjih starostnih kategorijah ali pri začetnikih v treningu moči. Enonožna pliometrija je učinkovita pri hitrem zvečanju nivoja aktivacije v krajšem trenažnem obdobju, njene posledice pa trajajo manj časa. Pri sonožni pliometriji gre za vzdrževanje visokega nivoja aktivacije v daljšem obdobju in tudi do štiri tedne po njem.

Uporaba unilateralnih vaj moči se uporablja tudi za odpravljanje bilateralnih asimetrij, ki so v močni korelaciji z verjetnostjo poškodb. Uporaba bilateralnih vaj moči lahko povečuje razliko med okončinama, v primeru unilateralnih vaj pa oslabele oz. nefunkcionalno mišično skupino krepimo neodvisno od iste mišice na drugi okončini.

Veliko predhodnih raziskav je vplive unilateralnih vaj preučevalo le na spodnjih okončinah, saj se te večkrat pojavljajo tudi v praksi. Za še boljše dosežke v športu in v trenažnih procesih pa je potrebno raziskave razširiti tudi na zgornje okončine in determinirati primernost unilateralnih vaj v procesu razvoja pojavnih oblik moči.

## 4. LITERATURA

- Antonutto, G., Capelli, C., Girardi, M., Zamparo, P. in Diprampero, P.E. (1999). Effect of microgravity on maximal power of lower limb during very short efforts in humans. *Journal of applied physiology*, 88, 85–92.
- Beachle, T. R. in Earle, R.W. (2002). *Essentials of Strength Training and Conditioning 3rd Edition*. United States: Human Kinetics.
- Baechle T. R., Earle, R.W. in Allreheiligen, W. B. (1994). Strength training and spotting techniques v *Essentials of strength training and conditioning*, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Besier T., Lloyd, D. in Ackland, T. (2003). Muscle activation strategies at knee during running and cutting maneuvers. *Med Sci Sports Exerc*, 35, 119–127.
- Behm, D. G., Leonard A. M., Young, W. P., Bonsey, A. C. In MacKinnon, S. N. (2005). Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 193–201.
- Bompa, T. O. in Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Human Kinetics.
- Bračič, M. (2010). *Biodinamične razlike v vertikalnem skoku z nasprotnim gibanjem in bilateralni defict pri vrhunskih sprinterjih* (Doktorska disertacija). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Bradić, J. (2011). *Kontralateralni učinci unilateralnog treninga jakosti na mišićnu i ravnotežu tjelesno aktivnih žena* (Doktorska disertacija). Zagreb: Kineziološki fakultet.
- Bray W., Lake J. in Shorter K. (2010). Can muscle activation be increased when modifying the dumbbell chest press? An electromyographic comparison. V XXVIII International Conference on Biomechanics in Sports, July 2010.
- Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., ... Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European journal applied physiology*, 88, 50–60.
- Carroll, T.J., Herbert, R. D., Munn, J., Lee, M., in Gandevia, S. C. (2006). Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *Journal of applied physiology*, 101, 1514–1522.
- Ceroni, D., Martin, X.E., Delhumeau, C. in Farpour-Lambert, N. (2012). Bilateral and gender differences during single-legged vertical jump performance in healthy teenagers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 452–457.
- Cressey, E. (2011). My top 5 Single-leg exercises. T-Nation. Pridobljeno 3.3.2013 iz [http://www.t-tation.com/free\\_online\\_article/most\\_recent/my\\_top\\_5\\_singleleg\\_exercises&cr=](http://www.t-tation.com/free_online_article/most_recent/my_top_5_singleleg_exercises&cr=)
- Cook, G. (2010). *Movement: Functional Movement Systems: screening, assessment and corrective strategies*. Aptos, United States.



- Daneshmandi, H., Hosseini, S.A. in Afsharnejad, T. (2007). Intermuscular and intramuscular neural adaptations of trained and contralateral untrained limb following unilateral resistance training. *I.J. Fitness*, 3 (2), 1–10.
- Drakslar, J. (2009). *Kondicijska priprava košarkaske reprezentance do 20 let za nastop na EP 2007 v Novi Gorici*. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Enoka, R. (2002). *Neuromechanics of Human Movement – Third Edition*. Human Kinetics.
- Folland, J. P in Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sport Med*, 2, 145–168.
- Gabriel, D.A., Kamen, G. in Frost, G. (2006). Neural Adaptations to Resistive Exercise: Mechanisms and Recommendations for Training Practices. *Sports Medicine*, 36 (2), 133–149.
- Haaland, E., Hoff, J. (2003). Non-dominant leg training improves the bilateral motor performance of soccer players. *Scand J Med Sci Sports*, 13: 179–184.
- Haff, G. G. in Nimphius S. (2012). Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 2–12.
- Herček, U. (2007). *Uporaba olimpijskega dvigovanja uteži pri razvoju moči nogometašev*. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Horvat, D. (2002). *Proprioceptivna vadba*. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Housh, D. J., Housh, T. J., Weir, J. P., Weir, L. L., Evetovich, T. K. in Donlin, P. E. (1998). Effects of unilateral eccentric-only dynamic constant external resistance training on quadriceps femoris cross-sectional area. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(3), 192–198.
- Housh, D. J., Housh, T. J., Weir, J. P., Weir, L. L., Evetovich, T. K. in Donlin, P. E. (1998). Effects of unilateral concentric-only dynamic constant external resistance training on quadriceps femoris cross-sectional area. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(3), 185–191.
- Howard, J.D. in Enoka, R.M. (1991). Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. *Journal of applied physiology*, 70, 306-316.
- Izquierdo, M., Hakkinen, K., Gonzalez-Badillo, J.J., Ibanez, J. in Gorostiaga, E.M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of upper and lower extremities in athletes from different sports. *European journal applied physiology*, 87(3), 263-271.
- Jakobi, J. M. In Cafarelli, E. (1998). Neuromuscular drive and force production are not altered during bilateral contractions. *Journal of applied physiology*, 84, 200–206.
- Jakobi, J. M. In Chilibeck P. D. (2001). Bilateral and unialteral contractions: possible differences in maximal voluntary force. *Canadian journal of applied physiology*, 26(1), 12–33.

- Jones, M. T., Ambegaonkar, J. P., Nindl, B. C., Smith, J. A. in Headley, S. A. (2012). Effects of unilateral and bilateral lower-body heavy resistance exercise on muscle activity and testosterone responses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1094–1100.
- Kraemer, W. J. in Ratamess N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med*, 35(4), 339–361.
- Krentz, J. R. in Farthing, J.P. (2010). Neural and morphological changes in response to a 20-day intense eccentric training protocol. *European journal applied physiology*, 110, 333–340.
- Kobayashi, Y., Kubo, J., Matsuo, A., Matsubayashi, T., Kobayashi, K. In Ishii, N. (2010). Bilateral asymmetry in joint torque during squat exercise performed by long jumpers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2826–2830.
- Latella, C., Kidgell, D. J. in Pearce A. J. (2012) Reduction in corticospinal inhibition in the trained and untrained limb following unilateral leg strength training. *European journal applied physiology*, 112, 3097–3107.
- Lee, M. In Carroll, T. J. (2007). Cross Education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sport Med*, 37(1), 1–14.
- Makaruk, H., Winchester, J. B., Sadowski, J., Czaplicki, A. in Sacewicz, T. (2011). Effects of unilateral and bilateral plyometric training on power and jumping ability in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3311–3318.
- Matkowski, B., Place, N., Martin, A. in Lepers, R. (2011). Neuromuscular fatigue differs following unilateral vs bilateral sustained submaximal contractions. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in sports*, 21, 268–276.
- McCurdy, K. W., Langford, G. A., Doscher, M. W., Wiley, L. P. In Mallard, K. G. (2005). The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 9–15.
- McCurdy K., O'Kelley E., Kutz M., Langford G., Ernest J. in Torres M. (2010). Comparison of lower extremity EMG between the 2-leg squat and modified single-leg squat in female athletes. *Journal of sport rehabilitation*, 19, 57–70.
- Migiano, M. J., Vingren, J. L., Volek, J.S., Maresh, C. M., Fragala, M. S., Ho, J., ... Kraemer, W. (2010). Endocrine response patterns to acute unilateral and bilateral resistance exercise in men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 128–134.
- Newton, R. U., Gerber, A., Nimphius, S., Shim, J. K., Doan, B. K., Robertson, M., ... in Kraemer, W. J. (2006). Determination of functional strength imbalance of lower extremities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 971–977.
- Pistotnik, B. (2003). *Osnove gibanja: Gibalne sposobnosti in osnovna sredstva za njihov razvoj v športni praksi*. Univerza v Ljubljani: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
- Robertson, M. (2004). Single-leg supplements. T-Nation. Pridobljeno 7.7.2013 iz [http://www.t-nation.com/free\\_online\\_article/sports\\_body\\_training\\_performance\\_repair/singleleg\\_supplements](http://www.t-nation.com/free_online_article/sports_body_training_performance_repair/singleleg_supplements)

- Robertson, M. (2011). The thruth about single-leg training. Pridobljeno 7.3.2013 iz [http://www.t-nation.com/free\\_online\\_article/most\\_recent/the\\_truth\\_about\\_singleleg\\_training&cr=](http://www.t-nation.com/free_online_article/most_recent/the_truth_about_singleleg_training&cr=)
- Saeterbakken, A. H. in Fimland, M. S. (2012). Muscle activity of the core during bilateral, unilateral, seated and standing resistance exercise. *European journal applied physiology*, 112, 1671–1678.
- Saeterbakken, A. H. in Fimland, M. S. (2012). Muscle activity of the core during bilateral, unilateral, seated and standing resistance exercise. *European journal applied physiology*, 112, 1671–1678.
- Serrau, V., Driss, T., Vandewalle, H., Behm, D. G., Lesne-Chabran, E. in Le Pellec-Muller, A. (2012). Muscle activation of the elbow flexor and extensor muscle during self-resistance exercises: comparision of unilateral maximal cocontraction and bilateral self-resistance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2468–2477.
- Strojnik, V. (1997). Spremljanje učinkov vadbe moči – primer iztegovalk nog. *Šport*, 45(4), 37–41.
- Strojnik – zapiski s predavanj 2009/2010. Neobjavljeno gradivo.
- Schmidtbleicher, D. (1991). Klasifikacija metod za povečanje moči kot motorične sposobnosti. *Strokovne informacije atletske zveze Slovenije*, 6(10), 35-44.
- Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Grant, E. J., Correia, C. E., in Phillips, S. M. (2006). Hypertrophy with unilateral resistance exercise occurs without increases in endogenous anabolic hormone concentration. *European journal applied physiology*, 98, 546–555.
- Weir, J. P., Housh, D. J., Housh, T. J., Weir, L. L. (1995.). The effect of unilateral eccentric weight training and detraining on joint angle specificity, cross-training, and the bilateral deficit. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 25(5), 207 – 215.
- Zadravec, M. (2006). *Vpliv vadbe aktivacije na moč upogibalk prstov pri mlajših rekreativnih plezalcih*. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Zatsiorsky, V.M. (2000). *Biomechanics in sports*. Blackwell Science Ltd.
- Zatsiorsky, V.M. in Kraemer, W.J. (2006). *Science and practice of strength training*. Human Kinetics.