

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ŠPORT

DIPLOMSKO DELO

MOJCA SVETINA

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ŠPORT

Športno treniranje
Kondicijsko treniranje

**ELEKTRIČNA AKTIVNOST MIŠIC TRUPA PRI
NAPENJANJU TREBUHA LEŽE NA ŽOGI**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR

doc. dr. Aleš Dolenc

RECENZENT

prof. dr. Vojko Strojnik

KONZULTANT

doc. dr. Igor Štirm

Avtorica dela:
MOJCA SVETINA

Ljubljana, 2015

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojim staršem, priateljem in vsem, ki so verjeli vame in me spodbujali na študijski poti.

Zahvaljujem se tudi svojemu mentorju dr. Alešu Dolencu za vso podporo, pomoč, nasvete in usmerjanje v procesu nastajanja diplomske naloge.

Ter seveda nenazadnje hvala vsem merjencem, ki so sodelovali v naši raziskavi.

ELEKTRIČNA AKTIVNOST MIŠIC TRUPA PRI NAPENJANJU TREBUHA LEŽE NA ŽOGI

Mojca Svetina

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, 2015

Športno treniranje, kondicijsko treniranje

IZVLEČEK

Močne mišice trupa in primerno sorazmerje med njimi je pomembno za stabilnost trupa, športnikom pomagajo pri boljšem nadzoru telesa in nastopu, zmanjša se možnost pojava poškodb hrbtnice, prav tako pa lahko preprečimo pojav sodobne bolezni - bolečine v križu.

NAMEN: Namen raziskave je bil primerjati električno aktivnost trebušnih mišic med osnovno vajo (upogib trupa) in tremi težavnostnimi različicami vaje napenjanje trebuha na košarkarski žogi. Merjenci so pri vajah napenjanje trebuha na žogi imeli enkrat roke in noge na tleh, drugič roke dvignjene od tal in tretjič noge dvignjene od tal.

METODE: V raziskavi je sodelovalo 20 merjencev, od tega 10 moških (starost = 22 ± 3.9 let, višina = 182.2 ± 9.0 cm, teža = 75.9 ± 9.0 kg) in 10 žensk (starost = 22 ± 2.7 let, višina = 167.6 ± 4.5 cm, teža = 57.5 ± 4.0 kg). Površinske elektrode so bile nameščene na šest mišičnih skupin: na zgornji in spodnji del preme trebušne mišice, mišico vzravnalko hrbtnice (iliocostalis), prečno trebušno mišico, notranjo in zunanjo poševno trebušno mišico. Pridobljeni podatki so bili normalizirani na največje hoteno naprezanje in obdelani z analizo variance za ponovljene meritve. Pred izvedbo meritve so bili merjenci seznanjeni z načinom izvedbe vaj. Na skupnih treningih so se te vaje naučili pravilno izvajati. Na sami meritvi so vaje izvajali v naključnem vrstnem redu, ki ga je določil žreb. Med vsako izvedeno vajo so imeli 3 minute odmora. S tem smo se izognili pojavi utrujenosti.

REZULTATI: Najbolj aktivna mišična skupina pri treh vajah na žogi je bila prečna trebušna mišica (noge gor = 143.08 %, $p > 0,05$; roke gor = 103.95 %, $p > 0,05$; roke in noge na tleh = 107.67 %, $p > 0,05$) ter tudi zunanja poševna trebušna mišica pri vaji na žogi kjer so imeli merjenci noge dvignjene od tal (146.31 %, $p > 0,05$).

ZAKLJUČEK: Če želimo trenirati prečno trebušno mišico in zunanjo poševno trebušno mišico so vse tri različice vaje napenjanje trebuha na žogi bolj učinkovite kot osnovni upogib trupa.

Ključne besede: osnovni upogib trupa, ledveni del, stabilnost hrbtnice, vaje na žogi, elektromiografija.

ELECTRIC ACTIVITY OF CORE (ABDOMINAL) MUSCLES DURING ABDOMEN TENSION ON THE BALL

Mojca Svetina

University of Ljubljana, Faculty of sport, 2015

Sport Training, Condition Training

ABSTRACT

Strong core (abdominal) muscles are important for spine stability. They help athletes to control their body and improve sport performance. Abdominal exercises are also used in clinical rehabilitation for subjects with low back pain.

PURPOSE: The purpose of this study was to compare electrical activity of selected muscles in crunch exercise and abdomen tension exercise on a ball where subjects once had their hands lifted from the ground, second they had legs lifted from the ground and the third option was hands and legs placed on the ground.

METHODS: Ten men (age = 22 ± 3.9 years, height = 182.2 ± 9.0 cm, mass = 75.9 ± 9.0 kg) and ten women (age = 22 ± 2.7 years, height = 167.6 ± 4.5 cm, mass = 57.5 ± 4.0 kg) participated in the experiment. The surface electromyography (EMG) was used to assess muscle activity from the upper and lower part of rectus abdominis, erector spinae (iliocostalis), transversus abdominis, external and internal abdominal oblique. The EMG data were normalized to maximum voluntary muscle contractions. Differences in muscle activity were assessed by repeated-measures ANOVA. Subjects were instructed on how to perform each exercise properly prior to collecting data. They perform four exercises in a random order and had to do five repetitions for each exercise. Between each exercise the subject was allowed to have a sufficient rest (3 minutes) to avoid fatigue.

RESULTS: The most active muscle in all three exercises on the ball was transversus abdominis (legs lifted = 143.08 %, $p > 0,05$; hands lifted = 103.95 %, $p > 0,05$; legs and hands on the ground = 107.67 %, $p > 0,05$) and also external oblique during exercise on the ball with legs lifted (146.31 %, $p > 0,05$).

CONCLUSION: If we want to train transversus abdominis and external oblique, the exercises on the ball are better and more effective than crunch exercise.

Key words: crunch, lumbar spine, spine stability, exercise on a ball, electromyography.

KAZALO

1.0 UVOD	9
1.1 ŽIVČNI IN MIŠIČNI SISTEM.....	9
1.2 TIPI MOTORIČNIH ENOT.....	9
1.3 TIPI MIŠIČNIH KRČENJ	10
1.4 MIŠIČNA SILA	11
1.5 CENTRALNO URAVNAVANJE GIBANJA	14
1.6 ELEKTROMIOGRAFIJA.....	15
1.7 TRENING IN VAJE	16
1.7.1 ZNOTRAJ TREBUŠNI PRITISK (IAP: ang. Intra-abdominal pressure).....	18
1.7.2. MIŠICE	20
1.7.3 PRSNO-LEDVENA VEZIVNA OVOJNICA	26
1.7.4 VAJE ZA TREBUŠNE MIŠICE.....	27
1.8 CILJI.....	29
1.9 HIPOTEZE.....	29
2.0 METODE DELA.....	30
2.1. PREIZKUŠANCI	30
2.2. PRIPOMOČKI	30
2.3. POSTOPEK.....	30
2.3.1 PRIDOBIVANJE EMG PODATKOV.....	31
2.3.2 OPIS VAJ, KI SO JIH IZVEDLI MERJENCI:.....	33
2.3.3 STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV.....	38
3.0 REZULTATI.....	39
4.0 RAZPRAVA	42
4.1 BIOMEHANSKA RAZLIKA MED OSNOVNIM UPOGIBOM TRUPA IN TREMI RAZLIČICAMI VAJE NAPENJANJA TREBUHA LEŽE NA ŽOGI	42
4.2 VREDNOST UGOTOVITEV ZA TEORIJO IN PRAKSO	45
5.0 SKLEP.....	47
6.0 VIRI.....	48

KAZALO SLIK

Slika 1: Vrste mišičnega krčenja (Biomechanical Work: Concentric, Eccentric and Isometric Contractions, 2015)	11
Slika 2: Graf sila-hitrost (Cron in McClymont, 2015).	13
Slika 3: Rekrutacija motoričnih enot (Enoka, 1994)	13
Slika 4: Centralno uravnavanje gibanja (Enoka, 1994).....	15
Slika 5: Prečni presek v ledvenem delu trupa (The Oblique and Rectus Muscles, 2006).....	18
Slika 6: Mehanizem znotraj-trebušnega pritiska 1 (15 Second Abs....with Loaded Carriers?, 2015)..	19
Slika 7: Mehnaizem znotraj-trebušnega pritiska 2 (Lindgren, 2012).....	19
Slika 8: Prema trebušna mišica (Anatomy and Physiology, 2010).	20
Slika 9: Zunanja poševna trebušna mišica (Anatomy and Physiology, 2010).....	21
Slika 10: Notranja poševna trebušna mišica (Anatomy and Physiology, 2010).....	22
Slika 11: Prečna trebušna mišica (Anatomy and Physiology, 2010).....	23
Slika 12: Trebušna prepona (Missy, 2013).....	24
Slika 13: Mišica vzravnalka hrbtenice (Erector Spinae, 2015).....	25
Slika 14: Prsno-ledvena vezivna ovojnica (Gibbs, 2015).....	26
Slika 15: Kratki hitri zasuki trupa s težko žogo v predročenju.....	33
Slika 16: Hiter spust in dvig težke žoge iz predročenja do 45 stopinj v ramenih in nazaj.	33
Slika 17: Izometrično naprezanje za trebušne mišice.....	35
Slika 18: Izometrično naprezanje za mišice hrbta.....	36
Slika 19: Osnovni upogib trupa.....	36
Slika 20: Napenjanje trebuha leže na žogi z rokami in nogami na tleh.....	37
Slika 21: Napenjanje trebuha leže na žogi z rokami dvignjenimi od tal	37
Slika 22: Napenjanje trebuha leže na žogi z nogami dvignjenimi od tal.....	37
Slika 23: Povprečne vrednosti in standardni odkloni EMG mišic.....	39
Slika 24: Električno vključevanje šestih mišičnih skupin glede na posamezno vajo.	41

KAZALO TABEL

Tabela 1: Odstotek električne aktivnosti mišic (EMG) za tri različice vaje napenjanja trebuha leže na žogi glede na vrednosti dobljene pri osnovnem upogibu trupa (N = 20).	40
---	----

1.0 UVOD

1.1 ŽIVČNI IN MIŠIČNI SISTEM

Za pravilno izvedbo gibalnih programov je pomembno usklajeno delovanje mišičnega in živčnega sistema. Mišica je organ, ki lahko kemično energijo, uskladiščeno v različnih gorivih, spremeni v mehansko delo. Skeletne mišice to zmorejo zaradi svoje zgradbe in položaja, saj so vpete v najmanj dve različni kosti, ki sta gibljivi v sklepu. Kosti med krčenjem mišice spremenita svoj medsebojni položaj in s tem povzročata gibanje človeškega telesa. Preko vsakega sklepa, potekata vedno vsaj dve mišici. Na eni strani je to mišica, ki povzroči približevanje dveh oddaljenih delov telesnih segmentov (agonist - prihaja do koncentričnega krčenja mišice), na drugi strani pa je to mišica, ki povzroči oddaljevanje dveh oddaljenih delov telesnih segmentov (antagonist - prihaja do ekscentričnega krčenja mišice). Delovanje obeh mišičnih skupin je preko refleksnega delovanja uravnavano s strani živčnega sistema (Enoka, 1994).

1.2 TIPI MOTORIČNIH ENOT

Vsaka mišica vsebuje veliko motoričnih enot. Motorično enoto sestavlja eno alfa gibalno živčno vlakno in mišično vlakno oziroma mišično vlakna, ki jih oživčuje.

Vedno, ko je alfa motonevron aktiviran s strani živčnega sistema, aktivira vsa mišična vlakna, ki jih oživčuje. To pa se ne zgodi, ko so mišična vlakna pod vplivom utrujenosti (Enoka, 1994). V mišici imamo več različnih motoričnih enot. Glede na hitrost krajšanja oziroma naraščanja sile ločimo (Lasan, 2004):

- **počasne:** manjša proizvedena sila, počasna mišična vlakna, oživčuje jih tanek motorični živec in
- **hitre:** večja proizvedena sila, hitra mišična vlakna, oživčuje jih debel motorični živec.

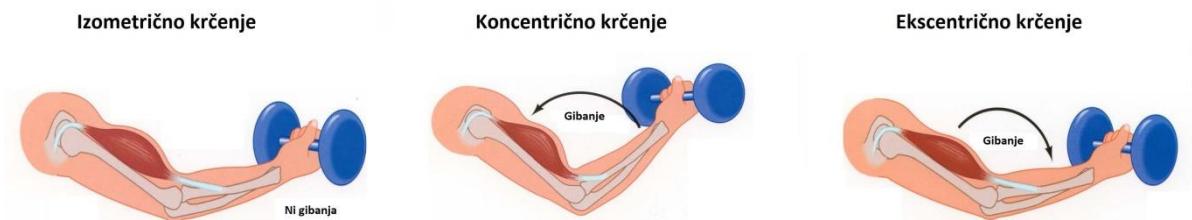
Glede na encimski vzorec, odpornost na utrujenost in hitrost upada sile pri poplnem tetanusu (količini encimov za resintezo ATP-ja) ločimo tri tipe motoričnih enot (Enoka, 1994, Lasan, 2004 in Stokes, 1998):

- **tip I:** počasne oksidacijske motorne enote, odporne na utrujenost,
- **tip IIA:** hitre oksidacijsko-glikolitične motorne enote, odporne na utrujenost ter
- **tip IIB:** hitre glikolitične motorne enote, ki so hitro utrudljive.

Počasne oksidacijske motorične enote proizvedejo najmanjšo silo, hitre glikolitične motorične enote pa največjo silo. Vsaka mišica vsebuje vse tri tipe motoričnih enot, le delež vsebnosti določenega tipa vlaken je različen (Enoka, 1994).

1.3 TIPI MIŠIČNIH KRČENJ

Akcijski potencial preko motorične ploščice aktivira mišična vlakna in sproži medsebojno drsenje aktinskega in miozinskega vlakna. Mišica se tako začne krčiti in proizvajati silo. Glede na razmerje, velikost mišične sile in težo zunanjega bremena, ločimo štiri tipe mišičnih kontrakcij, in sicer izometrično, koncentrično, ekscentrično in ekscentrično-koncentrično. Pri izometričnem krčenju je razmerje med velikostjo mišične sile in težo zunanjega bremena popolnoma enako. Mišična pripaja se ne približujeta oziroma ne oddaljujeta. Ko velikost mišične sile in teža zunanjega bremena nista v ravnotesju, pride ali do koncentričnega ali do ekscentričnega krčenja. Pri koncentričnem krčenju je mišična sila večja od teže zunanjega bremena, kar pomeni, da se bo mišica krajšala. Ravno nasprotno pa se zgodi, ko se mišica krči ekscentrično in je teža zunanjega bremena večja kot mišična sila (Baechle, 1994; Enoka, 1994). Poznamo še ekscentrično-koncentrično krčenje (EKK) kjer raztegu aktivne mišice brez odmora sledi koncentrično krčenje mišice. Ta način krčenja je prisoten v vsakdanjem življenju (tek, hoja, skoki, meti ...). V prvem delu EKK faze pride do ekscentričnega krčenja, ker na mišico deluje zunanjja sila. V mišici in tetivi se shrani določena količina elastične energije, ki jo kasneje mišica uporabi v drugem delu EKK faze (koncentrično krčenje). Predhodni razteg aktivne mišice povzroči bolj učinkovito koncentrično krčenje (Enoka, 1994; Komi, 2003).



Slika 1: Vrste mišičnega krčenja (Biomechanical Work: Concentric, Eccentric and Isometric Contractions, 2015).

Na sliki 1 so prikazani trije tipi mišičnih krčenj – izometrično, koncentrično in ekscentrično.

1.4 MIŠIČNA SILA

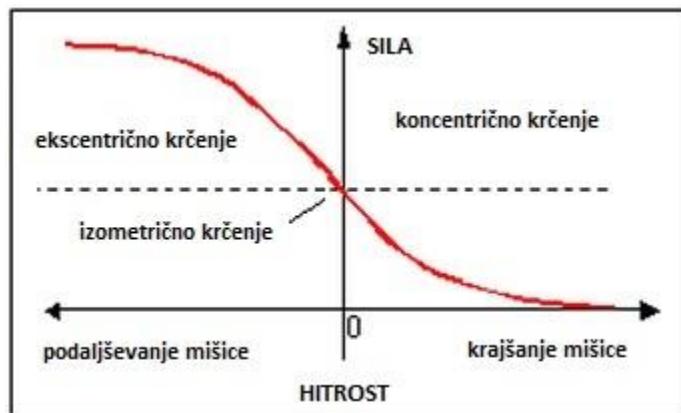
Na razvoj mišične sile vpliva kar nekaj faktorjev (Baechle, 1994; Enoka, 1994):

- **število sklopljenih prečnih mostičev**: je odvisno od koncentracije kalcija v miofibrili. Koncentracija kalcija pa je odvisna od frekvence proženja akcijskih potencialov. K sili ravno tako pripomore število vklopljenih motoričnih enot (več kot je vklopljenih motoričnih enot, večja bo sila, ki jo bo proizvedla mišica),
- **prečni presek mišice**: večji kot je prečni presek mišice, več sarkomer je postavljenih vzporedno. To pomeni večje število sklopljenih prečnih mostičev z aktinskim vlaknom in posledično večjo proizvedeno silo,
- **penacijski kot mišičnih vlaken**: v večini mišic sarkomere ne potekajo v smeri sile, ki jo razvija mišica, ampak so postavljene pod določenim kotom (penacijskim kotom). Mišice, kjer so sarkomere postavljene pod večjim kotom, imajo tako več sarkomer, ki so postavljene vzporedno in manj sarkomer, ki so postavljene zaporedno. Taka organizacija sarkomer pomeni večji prečni presek mišice ter posledično tudi razvoj večje sile. Mišice, v katerih je več sarkomer postavljenih zaporedno oziroma je penacijski kot majhen, lahko razvijejo večjo hitrost krajšanja,
- **hitrost krajšanja**: graf sila-hitrost (slika 2) nazorno prikazuje odnos med hitrostjo in maksimalno silo, ki jo mišica lahko razvije. Kot je razvidno iz slike 2, mišica pri koncentričnem krčenju največjo hitrost razvije pri majhnih silah, medtem ko zelo velike sile razvija pri majhnih hitrostih. Kadar govorimo o ekscentričnem krčenju, lahko vidimo, da sila narašča s hitrostjo, vendar samo do določene hitrosti,
- **začetna dolžina sarkomere/mišice**: za razvoj velike sile je potrebno optimalno pokrivanje miozinskih in aktinskih nit. To se zgodi takrat, ko je za vezavo na voljo

največje število prečnih mostičev in aktinskih mest. Pri skrajšani ali podaljšani dolžini mišice se število mest za medsebojno vezavo aktina in miozina zmanjša, posledično upade tudi možnost razvoja velike mišične sile,

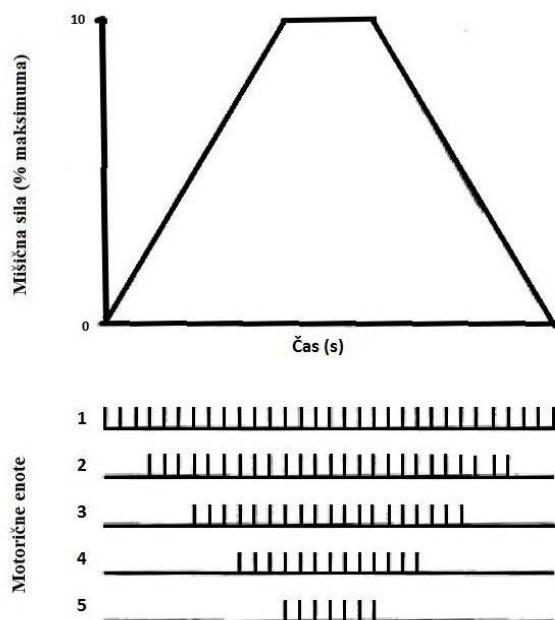
- **navor:** navor je produkt sile in ročice. Kako velik navor bo sposobna razviti mišica je odvisno od velikosti sile in dolžine ročice,
- **predhodni razteg mišice:** predhodno raztezanje mišice lahko povzroči večji razvoj sile v koncentrični fazi krčenja. Povečanje mišične sile je posledica uporabe elastične energije v mišici, ki prihaja iz raztega miozinskih glavic in aktivacije miotatičnega refleksa. Le-ta se lahko vključi zaradi hitrega raztega mišice,
- **rekrutacija motoričnih enot** pomeni vključevanje motoričnih enot v točno določenem zaporedju (Henemannov princip). Kot je razvidno iz slike 3, sila v mišici narašča s povečevanjem števila aktiviranih motoričnih enot. Najprej se rekrutira motorična enota s številko ena, zadnja pa motorična enota s številko pet (slika 3). Vsaka motorična enota, ki se rekrutira ostane aktivirana dokler sila v mišici ne začne upadati. Ko so enkrat rekrutirane vse motorične enote in ko se frekvenca proženja akcijskih potencialov ne spremeni, doseže sila v mišici plato. Sila v mišici začne upadati z izključevanjem motoričnih enot v nasprotnem vrstnem redu kot so se vključevale. Glede na sliko 3 se torej najprej izključi motorična enota s številko pet, zadnja pa motorična enota s številko ena. Zaporedje rekrutiranja motoričnih enot določa presek oziroma debelina živčnega gibalnega vlakna. Tanka živčna gibalna vlakna so bolj vzdražljiva kot debela, zato se najprej rekrutirajo mišična vlakna, ki jih ozivčuje tanko živčno gibalno vlakno,
- **frekvenčna modulacija akcijskih potencialov:** ko so enkrat motorične enote že rekrutirane, se lahko mišična sila povečuje samo še na račun povečanja frekvence proženja akcijskih potencialov v aktivirani motorični enoti. En sam akcijski potencial povzroči aktivacijo mišice v obliki skrčka. Če oziroma ko se akcijski potenciali zvrstijo v krajšem časovnem intervalu drug za drugim, se skrčki začnejo seštevati. Posledično se povečuje tudi sila v mišici, ki pa je večja kot pri posameznem skrčku,
- **sinhronizacija motoričnih enot:** nanaša se na začasno ujemanje proženja akcijskih potencialov med različnimi motoričnimi enotami. Če so akcijski potenciali, proizvedeni v eni motorični enoti, naključni (časovno neodvisni) glede na akcijske potenciale proizvedene v drugi motorični enoti, potem govorimo o nesinhronem vključevanju motoričnih enot. V kolikor pa ta časovna povezava obstaja, govorimo o

sinhronem vključevanju motoričnih enot. Sinhronizacija akcijskih potencialov motoričnih enot obstaja znotraj mišice in med sinergisti.



Slika 2: Graf sila-hitrost (Cron in McClymont, 2015).

Slika 2 prikazuje odnos med hitrostjo in maksimalno silo, ki jo mišica lahko razvije.



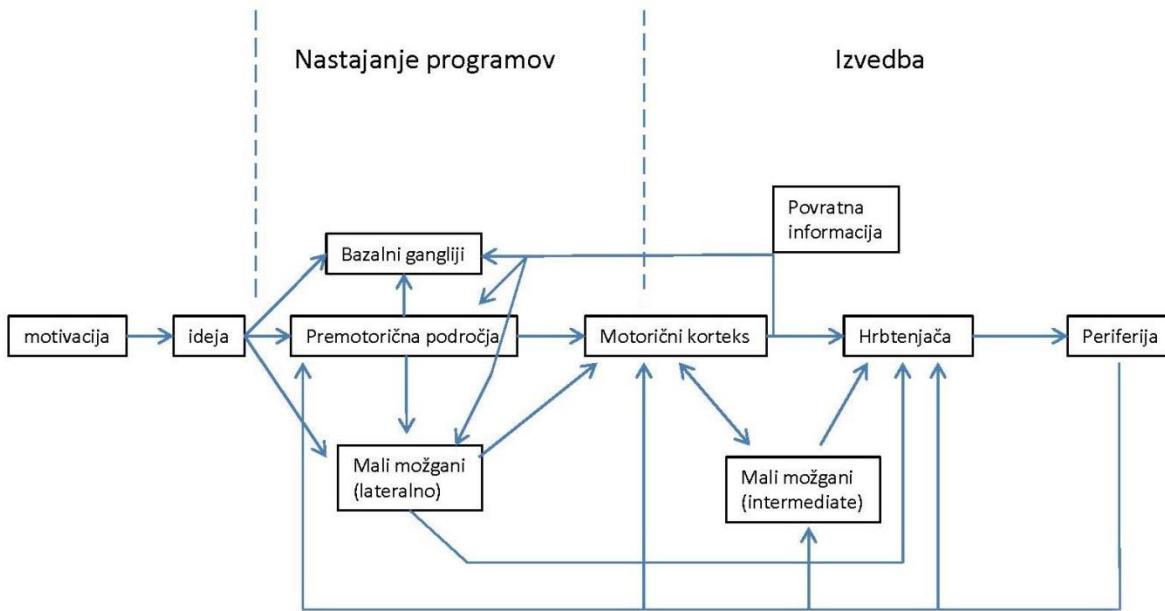
Slika 3: Rekrutacija motoričnih enot (Enoka, 1994)

Slika 3 prikazuje idealiziran model spremembe sile v mišici v odvisnosti od zaporedja rekrutacije in derekrutacije motoričnih enot. Zaradi poenostavitev je frekvenca proženja akcijskih potencialov prikazana kot konstantna. Frekvenca akcijskih potencialov se s silo spreminja.

1.5 CENTRALNO URAVNAVANJE GIBANJA

Vsi procesi oblikovanja končnega programa gibanja potekajo v osrednjem živčevju (Lasan, 2004). Pri tem sodeluje veliko različnih centrov v centralnem živčnem sistemu (CŽS), ki sprogramirajo in razvijejo signale, s katerimi potem motonevron aktivira mišico (Enoka, 1994).

Emocije in motivacija (center je v limbičnem sistemu) so pobudniki za nastanek gibanja. Ti signali se nato povežejo s trenutnimi informacijami, ki prihajajo iz okolja, in s spominom, kjer so zapisane pretekle izkušnje (Lasan, 2004). Preoblikovanje motivacije v idejo poteka preko senzorično-motoričnega sistema. Sprožijo se suprasegmentalne interakcije, ki se odražajo kot začetek ukaza za izvedbo določenega gibanja. Asociacijski korteks izražene zahteve limbičnega sistema analizira in poveže v ideje. Te ideje se prenesejo na senzorično-motorični korteks, na del bazalnih ganglijev in na subkortikalna jedra, kjer se pripravi program za izvedbo gibanja. Programiranje pomeni, da se ideja preoblikuje v primeren signal (glede na želeno izvedbo gibanja), ki je potem poslan do mišic. Za programiranje so odgovorni asociacijski korteks (premotorični), motorični korteks, bazalni gangliji in mali možgani. »Output« (centralna komanda), prenese informacijo po živcih v nižje centre (možgansko deblo in hrbtenjačo) ter nazaj v suprasegmentalne centre, ki so oblikovali program. Ta »output«, ki potuje v nižje centre, aktivira motonevrone v mišici, v kateri bo izvedeno gibanje, prav tako pa gre signal tudi v druge mišice (na primer za stopnjo aktivnosti mišic, ki vzdržujejo pokončno držo). Informacije o dejanski izvedbi nato potujejo po aferentni poti nazaj v višje centre. Od tam pa nato pridejo mogoči popravki za izvedbo gibanja. Receptorji, ki zaznavajo oziroma pošiljajo po aferentni poti signale v višje centre so: mišično vreteno, Golgijev tetivni organ, sklepni receptorji in kožni mehanoreceptorji (Enoka, 1994).



Slika 4: Centralno uravnavanje gibanja (Enoka, 1994).

Na sliki 4 je prikazano zaporedje dogodkov, ki potekajo v višjih centrih centralnega živčnega sistema ter prikazujejo kako od motivacije in ideje kasneje pride do dejanskega gibanja in krčenja mišic na periferiji.

1.6 ELEKTROMIOGRAFIJA

Z elektromiografijo merimo električno aktivnost mišice, natančneje prevodnost sarkoleme za akcijske potenciale. To nam da vpogled v delovanje živčevja.

Podatke lahko pridobivamo na dva načina: tako, da vstavimo elektrode v mišico ali pa tako, da elektrode postavimo na kožo nad mišico (v bližino ekscitabilne membrane) in izmerimo koliko akcijskih potencialov je prešlo elektrodo. Elektrode, ki jih uporabljamo, so lahko monopolarne ali pa bipolarne. Z monopolarnimi elektrodami zaznamo signal, ki gre preko mišice (nad mišico je postavljena ena elektroda). Pri bipolarnih elektrodah, ko sta nad mišico postavljeni dve elektrodi, pa dobimo razliko med signaloma, ki sta ju zaznali elektrodi. Premer vsake elektrode je 8 mm, med seboj pa sta oddaljeni 2 cm. V raziskavah se največkrat uporablja površinske bipolarse elektrode (Enoka, 1994).

Pri pridobivanju podatkov najprej dobimo surovi EMG signal (REMG ali raw EMG), kjer vrednosti nihajo okoli ničle oziroma okoli sredinske črte. S surovim EMG signalom ne moremo dobiti pravih podatkov o električni aktivnosti mišice, zato moramo ta signal preoblikovati (Enoka, 1994). Da bo pridobljen signal resnično nihal okoli osi, ki gre skozi ničlo, se najprej odstrani nihanje osnovne linije (base line shift), če se le-ta seveda pojavlja. Nato dobljeni signal obrnemo, tako da dobimo samo pozitivne vrednosti (absolutne vrednosti) in s tem obdržimo celotno vsebino signala. Iz trenutnega signala lahko dobimo le informacijo o tem, kdaj je bila mišica aktivirana in kdaj ne. Signal še vedno vsebuje visoke frekvence, ki jih zmanjšamo tako, da EMG signal filtriramo. To je elektronski proces, ki poglobi oziroma filtrira EMG signal in s tem odstrani visoke frekvence (Enoka, 1994). Z integriranjem signala se dobi površina pod krivuljo signala na določenem časovnem intervalu. Tako lahko izračunamo oziroma dobimo vrednosti za določene intervale. Nato obrnjeni EMG signal lahko še pogladimo, da dobimo boljši vpogled v spremembo aktivacije, povezane s silo, ki jo mišica proizvaja.

1.7 TRENING IN VAJE

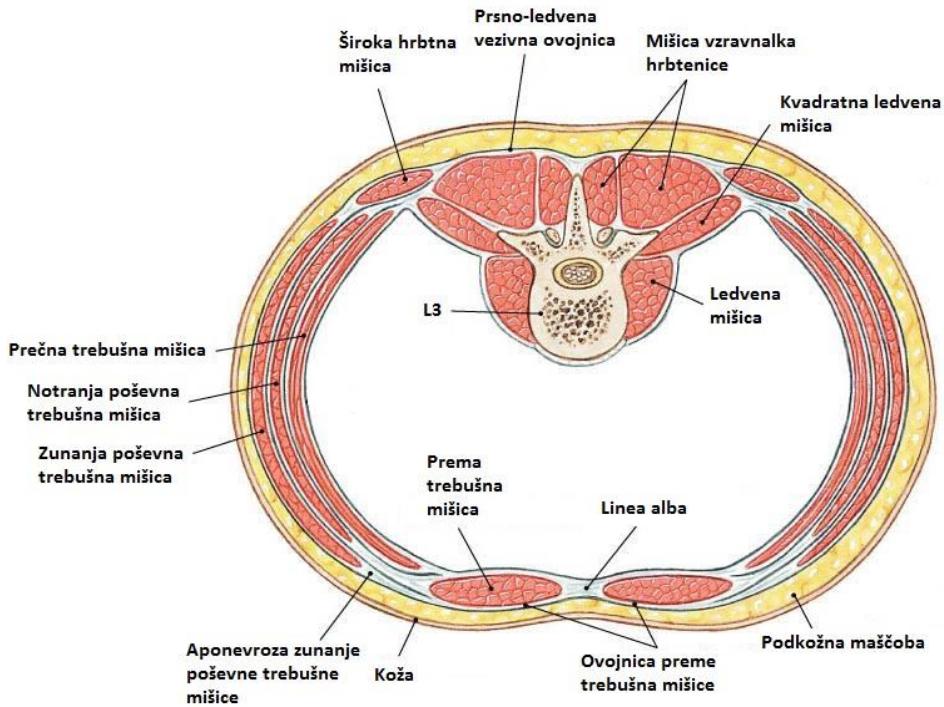
Obstaja veliko različnih vaj in različic teh vaj, s katerimi naj bi razvijali moč trebušnih mišic, vendar se pri vsaki posamezni vaji različne mišične skupine različno intenzivno rekrutirajo. Informacija o tem, kako intenzivno se posamezne mišične skupine vključujejo, je uporabna tako za terapevte kot tudi za trenerje. S pomočjo teh podatkov lahko lažje določijo zaporedje vaj, ki jih bodo vključili v program vadbe. To pa je pomembno, ko govorimo o vadečih, ki vstopajo v trenažni proces ali v proces rehabilitacije.

Mišično moč povečamo le s skrbno načrtovanim treningom. Schmidtbbleicher je opredelil pet različnih metod za razvoj moči. Za našo raziskavo je aktualna metoda ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprezanj s počasnim tekočim gibanjem (Schmidtbbleicher, 1985), za katero je značilna krajša koncentrična in daljša ekscentrična faza (Flores idr., 2011; Higbie, Cureton, Warren III in Prior, 1996; Schoenfeld, 2010).

Vaje, ki smo jih testirali, so vključevale mišice trupa. Trup je sestavljen iz številnih mišičnih skupin, ki omogočajo gibanje telesa, stabilnost hrbtenice in ščitijo trup pred poškodbami.

Mišične skupine glede na lego delimo na sprednji oziroma trebušni del in zadnji oziroma hrbtni del. Trebušni steznik sestavlja štiri trebušne mišice, ki ležijo na različnih globinah (slika 5). Mišična vlakna vsake mišične skupine potekajo v različnih smereh (Kobe, Dekleva, Lenart, Širca in Velepič, 1997). Tako mišična vlakna preme trebušne mišice potekajo vzdolž trupa, mišična vlakna prečne trebušne mišice prečno glede na trup, mišična vlakna zunanje poševne trebušne mišice poševno od spodnjih reber navzdol proti aponevrozi ter mišična vlakna notranje poševne trebušne mišice potekajo v poševni smeri in so razporejena pahljačasto od črevničnega grebena navzgor proti sredinski liniji (*linea alba*) (Gržinič, Želj, Mulej in Kodela, 2014). To so močne ploščate mišice trebušne stene, ki so razpete med prsnim košem in medenico. Najgloblje in površinsko ležeče mišice si sledijo v naslednjem vrstnem redu: prečna trebušna mišica, notranja poševna trebušna mišica, zunana poševna trebušna mišica in prema trebušna mišica (Norris, 2000). Sicer pa trebušne mišice kot celota oblikujejo steno trebušne votline spredaj in od strani. Njihove osnovne funkcije so: upogibanje trupa, bočno upogibanje in vzravnjanje. Kadar se vse trebušne mišice, mišice medeničnega dna in trebušna prepona hkrati skrčijo, to zelo poveča pritisk v trebušni votlini (znotraj trebušni pritisk), ker delujejo mišice v tem primeru kot »trebušna stiskalnica« (Norris, 2000).

Na zadnji strani trupa imamo hrbtne mišice, ki ravno tako ležijo v različnih globinah, njihova vlakna pa tako kot pri trebušnih mišicah potekajo v različnih smereh (Kobe idr., 1997).



Slika 5: Prečni presek v ledvenem delu trupa (The Oblique and Rectus Muscles, 2006).

Na sliki 5 je prikazan prečni presek v ledvenem delu trupa in prikazuje razporeditev mišičnih skupin.

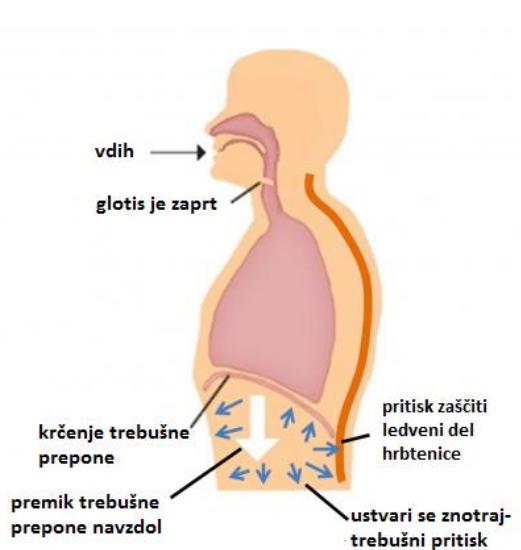
Pri izvedbi vaj za razvoj moči trebušnih mišic imata poleg trebušnih mišic pomembno vlogo še znotraj-trebušni pritisk in prsno-ledvena vezivna ovojnica (podrobnejše opisani v nadaljevanju).

1.7.1 ZNOTRAJ TREBUŠNI PRITISK (IAP: ang. Intra-abdominal pressure)

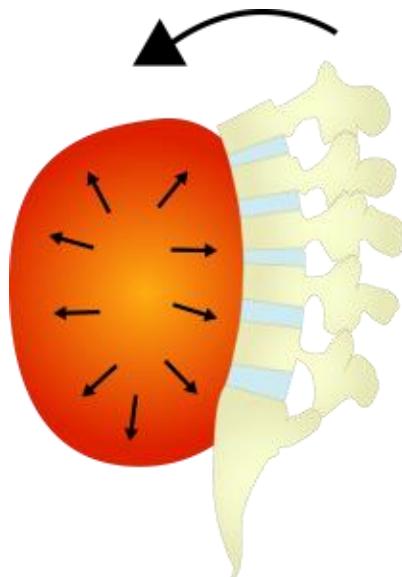
Številne raziskave so pokazale, da povečan IAP, skupaj z rekrutiranimi trebušnimi mišicami, pomembno pripomore k stabilnosti hrbtnice (Cholewicki, Juluru in McGill, 1999a; Cholewicki, Juluru, Radebold, Panjabi in McGill, 1999b; Stokes, Gardner-Morse in Henry, 2010). Povzroči ga hkratna aktivacija trebušnih mišic (bolj pomembni mišici naj bi bili prečna trebušna mišica in notranja poševna trebušna mišica), trebušne prepone in mišic medeničnega dna (Norris, 2000; Zatsiorsky, 2006). Znotraj-trebušni pritisk je večji pri športnikih oziroma posameznikih, ki imajo močnejše mišice trupa. Za povečanje moči mišic, ki privedejo do povečanja IAP, moramo izbrati pravilne vaje, ki bodo pozitivno vplivale na razvoj moči. Tako na primer vaja upogib trupa do seda ni primerna vaja in ne bo vplivala na povečanje IAP. Izbor vaj mora biti po gibalni strukturi podoben mehanizmu, ki poveča IAP. Na povečanje

IAP se lahko vpliva tudi, če sile ne delujejo direktno na hrbtenico, ampak posredno preko okončin. To dosežemo na primer z dvigovanjem težkih uteži ter manipuliranje z njimi. Pri tem povečan IAP zavaruje hrbtenico tako, da podpre prsnici koš. Ravno tako se IAP poveča, ko po globokem vdihu zadržimo dih (Valsava maneuver) (Norris, 2000).

Sicer pa IAP zmanjša pritisk na medvretenčne ploščice in tako zavaruje hrbtenico pred poškodbami, kot je na primer hernia. Ta mehanizem prikazujeta sliki 6 in 7 (Zatsiorsky, 2006).



Slika 6: Mehanizem znotraj-trebušnega pritiska 1 (15 Second Abs.....with Loaded Carriers?, 2015).

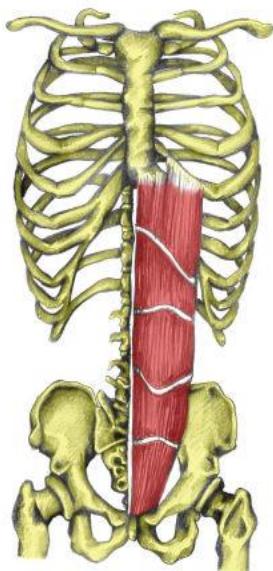


Slika 7: Mehanizem znotraj-trebušnega pritiska 2 (Lindgren, 2012).

Slike 6 in 7 prikazujeta kako deluje znotraj-trebušni pritisk ter kako posledično razbremenji hrbtenico.

1.7.2. MIŠICE

1.7.2.1 PREMA TREBUŠNA MIŠICA (M. RECTUS ABDOMINIS)



Opis: mišica leži na sprednji strani trupa in je med vsemi trebušnimi mišicami najbolj površinska. Njena vlakna potekajo navpično. Značilen videz ji dajejo štiri prečne kite in sredinska vez (linea alba). Prema trebušna mišica je glavna upogibalka trupa.

Izvor: 5. do 7. rebrni hrustanec, mečasti odrastek prsnice.

Narastišče: sramnica (med sramnično zrastjo in tuberculum pubicum) (Gržinič idr., 2014; Kenyon in Kenyon, 2007; Kobe idr., 1997).

Funkcija: ob fiksirani medenici upogiba hrbtenico, vleče prsní koš navzdol k medenici, ob fiksiranem prsnem košu pa dviga medenico (Kobe idr., 1997), stiska trebušno steno in sodeluje pri izdihu (Gržinič idr., 2014).

Slika 8: Prema trebušna mišica (Anatomy and Physiology, 2010).

Slika 8 prikazuje potek mišičnih vlaken, izvor in narastišče preme trebušne mišice.

1.7.2.2 ZUNANJA POŠEVNA TREBUŠNA MIŠICA (*M. OBLIQUUS EXTERNUS ABDOMINIS*)

Opis: mišica je parna (leži na levi in desni strani trupa), njena vlakna pa potekajo poševno od spodnjih reber navzdol proti aponevrozi. Obe strani se združita v sredinski liniji trupa – linea alba. Dobro trenirana daje videz izklesanega pasu (Gržinič idr., 2014).



Izvor: izvira z osmimi jezikami s spodnjih osmih reber; prvih pet jezikov se križa z jezikami sprednje nazobčane mišice (*m. serratus anterior*), zadnji trije pa z jezikami široke hrbtne mišice (*m. latissimus dorsi*). Mišične vitre potekajo naprej, navzdol in proti sredini (medialno).

Narastišče: vitre, prihajajoče z enajstega in dvanajstega rebra vertikalno navzdol, se pripenjajo na sprednjo polovico črevničnega grebena; ostalo nitje prehaja v aponevrozo zunanje poševne trebušne mišice (Kobe idr., 1997).

Funkcija: pri fiksirani medenici obe mišici vlečeta hrbtenico naprej in rebra navzdol; ena sama mišica obrača prsni koš v nasprotno stran. Pri fiksiranem prsnem košu mišici vlečeta medenico navzgor (Kobe idr., 1997); stiskata trebušno steno in pomagata pri izdihu (Gržinič idr., 2014).

Slika 9: Zunanja poševna trebušna mišica (Anatomy and Physiology, 2010).

Slika 9 prikazuje potek mišičnih vlaken, izvor in narastišče zunanje poševne mišice.

1.7.2.3 NOTRANJA POŠEVNA TREBUŠNA MIŠICA (*M. OBLIQUUS INTERNUS ABDOMINIS*)

Opis: mišica je parna (leži na levi in desni strani trupa), njena vlakna pa potekajo v poševni smeri in so razporejena pahljačasto od črevničnega grebena navzgor proti sredinski liniji (linea alba). Podobno kot zunanjega poševnega trebušnega mišica tudi ta oblikuje pas (Gržinič idr., 2014).



Izvor: prsno-ledvena vezivna ovojnica, črevnični greben in dimeljska vez.

Narastišče: spodnja tri rebra in rob ovojnice preme trebušne mišice (Kobe idr., 1997).

Funkcija: pri fiksirani medenici obe mišici potezata hrbtenico naprej in rebra navzdol; ena sama mišica obrača prsni koš v nasprotno stran. Pri fiksiranem prsnem košu pa mišici vlečeta medenico navzgor (Kobe idr., 1997); pomembna je za namestitev medenice, stisk trebušne stene in izdih (Gržinič idr., 2014).

Slika 10: Notranja poševna trebušna mišica (Anatomy and Physiology, 2010).

Slika 10 prikazuje potek mišičnih vlaken, izvor in narastišče notranje poševne trebušne mišice.

1.7.2.4 PREČNA TREBUŠNA MIŠICA (*M. TRANSVERSUS ABDOMINIS*)

Opis: Je najgloblja mišica sprednje strani trupa. Vlakna mišice potekajo vodoravno in krožno objemajo predel med rebri in medenico. Pri koncentričnem skrčenju mišic se zmanjša trebušni premer. Najlažje jo zaznamo ob kašlju, ko sunkovito stisne pas (Gržinič idr., 2014).



Izvor: lateralni del dimeljske vezi (ligamenta), notranja stran črevničnega grebena, prsno-ledvena vezivna ovojnica med črevničnim grebenom in dvanajstim rebrom, spodnjih šest rebrnih hrustancev, kjer se prepleta s trebušno prepono; zgornji sprednji črevnični trn (ASIS) (Gržinič idr., 2014 in Kenyon in Kenyon, 2007).

Narastišče: aponevroza, linea alba.

Funkcija: ko je mišica aktivna na eni strani, zasuče trup v svojo smer, ko pa je aktivna na obeh straneh, zoži trup in ga stabilizira. Ob fiksnih vretencih zadaj vleče/vboči trebušno votlino navznoter. Ob sprednji aponevrozi, kot fiksni točki, poudarja ledveno lordozo (povleče zadnjo stran navznoter) (Gržinič idr., 2014). Ravno tako poveča znotraj-trebušni pritisk (Kenyon in Kenyon, 2007).

Slika 11: Prečna trebušna mišica (Anatomy and Physiology, 2010).

Slika 11 prikazuje potek mišičnih vlaken, izvor in narastišče prečne trebušne mišice.

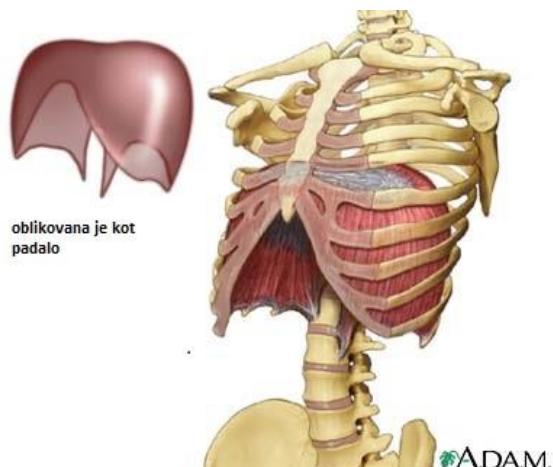
1.7.2.5 TREBUŠNA PREPONA (DIAPHRAGMA)

Opis: trebušna prepona je glavna dihalna mišica in loči prsno votlino od trebušne. Je ploska mišica s pahljačastimi vlakni, ki potekajo navzdol. Na sredini ima aponevrozo (centralna kita trebušne prepone). Sama mišica ima odprtine, ki omogočajo potek velikih žil, živcev in požiralnika. Pri vdihu se pomakne navzdol, pri izdihu pa se dvigne gor.

Izvor: stranski del (levo in desno) poteka od spodnjega roba notranje strani rebernih hrustancev od 7. do 12. rebra, zadnji del od 1. Do 3. ledvenega vretenca ter sprednji del od posteriornega dela mečastega odrastka prsnice (»žlička«).

Narastišče: centralna kita trebušne prepone.

Funkcija: je glavna dihalna mišica, aktivno sodeluje pri vdihu; spreminja volumen in pritisk v trebušni in prsnici votlini (Gržinič idr., 2014; Kenyon in Kenyon, 2007).



Slika 12: Trebušna prepona (Missy, 2013).

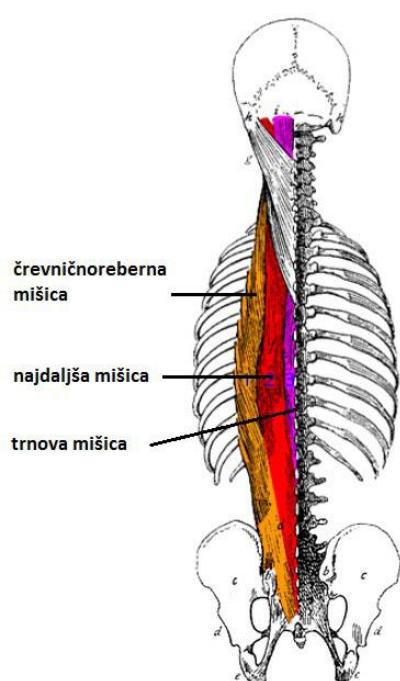
Slika 12 prikazuje potek mišičnih vlaken, izvor in narastišče trebušne prepone.

1.7.2.6 MIŠICE MEDENIČNEGA DNA

Opis in funkcija: mišice medeničnega dna ležijo na dnu medenice, zapirajo medenični izhod in potekajo od sramnice spredaj do trtice zadaj. Vzdržujejo pravilno lego medeničnih organov, prispevajo pa tudi k stabilizaciji hrbtenice in medeničnega obroča (Pori, Pori, Jakovljević in Šćepanović, 2015; Šćepanović, 2003). Prav tako sodelujejo pri ustvarjanju znotraj-trebušnega pritiska (Norris, 2000; Šćepanović, 2003).

1.7.2.7 MIŠICA VZRAVNALKA HRBTENICE (M. ERECTOR SPINAE)

Opis: predstavlja skupino treh mišic, ki potekajo parno ob hrbtenici in so odgovorne za našo pokončno držo. To so: trnova mišica (m. spinalis), najdaljša mišica (m. logissimus) in črevničnoreberna mišica (m. iliocostalis). Vse tri potekajo poševno vzdolž hrbtenice od kolčnic in križnice pa vse do glave. Njihova vlakna potekajo poševno in tvorijo vzorec črke »V« in sicer od sredine navzven in navzgor (Gržinič idr., 2014).



Črevničnoreberna mišica: sega od križnice, črevničnega grebena in zadnjega lista prsnoledvene vezivne ovojnice do prečnih odrastkov spodnjih vratnih vretenc. Njegov ledveni del m. iliocostalis lumborum končuje z mišičnimi prameni na angulusih spodnjih reber. Prjni del m. iliocostalis thoracis leži bolj medialno od ledvenega dela in izhaja v bližini angulusov spodnjih reber in končuje ob angulusih zgornjih reber. Vratni del m. iliocostalis cervicvis leži medialno od prsnega koša ter izhaja z angulusov zgornjih reber in se pripenja na prečne odrastke spodnjih vratnih vretenc.

Slika 13: Mišica vzravnalka hrbtenice (Erector Spinae, 2015).

Slika 13 prikazuje potek mišičnih vlaken, izvor in narastišče mišice vzravnalke hrbtenice.

FUNKCIJA: ko je aktivna ena stran, črevničnoreberna mišica nagiba hrbtenico vstran. Ko sta aktivni obe strani trupa (desni in levi del) skupaj vzravnata hrbtenico. Lumbalni del vleče spodnja rebra navzdol, cervicalni del pa zgornja rebra navzgor.

Najdaljša mišica: sega od križnice do glave. Njen spodnji del izhaja iz križnice, s trnov ledvenih vretenc in prečnih odrastkov spodnjih petih prsnih vretenc ter se pripenja na vsa ledvena in prsna vretenca ter na rebra kot m. longissimus thoracis. Ta del mišice je pripet z lateralnimi prameni med angulus in tuberkulum vseh reber, razen prvega. Ravno tako je pripet na njihove rudimente na ledvenih vretencih, z medialnimi prameni na prečne odrastke vseh prsnih vretenc in njihove rudimente na ledvenih vretencih. Sprednji in zgornji del mišice

imata skupen izvor na prečnih odrastkih zgornjih prsnih in spodnjih vratnih vretenc. Srednji del se pripenja kot m. longissimus cervicis na prečne odrastke zgornjih vratnih vretenc, zgornji del pa kot m. longissimus capitis na processus mastoideus.

FUNKCIJA: nagiba hrbtenico v svojo stran, obe skupaj pa vzravnata glavo in hrbtenico.

Trnova mišica: je skupina mišic, ki ima svoj izvor in pripenjališče na trnih vretenc ter premosti dva do tri trne. Mišica ima tri odseke. Spodnji odsek ima svoj izvor in narastišče v predelu prsnih vretenc kot m. spinalis thoracis. Srednji in zgornji odsek imata skupen izvor na trnih zgornjih prsnih in spodnjih vratnih vretenc. Sprednji odsek se končuje na zgornjih vratnih vretencih, kot m. spinalis cervicis, zgornji odsek pa na luski zatilnice kot m. spinalis capitis. Ta zgornji del m. spinalisa ni vedno samostojen, ampak se lahko pridruži mišičnim vitram m. semispinalis capitis.

FUNKCIJA: vzravnava hrbtenico in glavo (Kobe idr., 1997).

1.7.3 PRSNO-LEDVENA VEZIVNA OVOJNICA

Prsno-ledvena vezivna ovojnica ima zelo pomembno funkcijo, saj omogoča ohranjanje pokončne drže telesa, prenos sil, sodeluje pri rotaciji trupa in pri stabilizaciji ledvenega dela hrbtenice (Norris, 2000; Pool-Goudzwaard, Vleeming, Stoeckart, Snijders in Mens, 1998; Willard, Vleeming, Schuenke, Danneels, in Scnhleip, 2012). Je čvrsta vezivna plošča, ki ovija ledveni del hrbtnih mišic in je sestavljena iz treh plasti: iz anteriornega (najglobnjega),



vmesnega in posteriornega (površinskega) sloja (Norris, 2000; Richardson idr., 2003; Willard idr., 2012). Nanjo se pripenjajo številne mišice. S površinsko plastjo se povezujejo široka hrbtna mišica (m. latissimus dorsi), velika zadnjična mišica (m. gluteus maximus) in kapucasta mišica (m. trapezius), medtem ko se na njeno najglobljo plast pripenjata prečna trebušna mišica in notranja poševna trebušna mišica. Ker se nanjo pripenja veliko mišic, je ena izmed pomembnih funkcij prsno-ledvene vezivne ovojnica ta, da lahko prenaša sile preko trupa s spodnje na zgornje okončine ter obratno (Pool-Goudzwaard, idr., 1998).

Slika 14: Prsno-ledvena vezivna ovojnica (Gibbs, 2015).

Slika 14 prikazuje lego prsno-ledvene vezivne ovojnlice.

1.7.4 VAJE ZA TREBUŠNE MIŠICE

Število vaj, ki naj bi bile dobre za trebušne mišice, je veliko. Nekatere so bolj, spet druge manj učinkovite. Osnovni upogib trupa se je kot osnovna vaja vedno pojavljala v vseh najdenih raziskavah (Avedisian, Kowalsky, Albro, Goldner in Gill, 2005; Beim, Giraldo, Pincivero, Borror in Fu, 1997; Bird, Fletcher in Koch, 2006; Escamilla idr., 2006a; Escamilla idr., 2006b; Escamilla idr., 2010; Gatti, Corti, Barbero in Testa, 2006; Sternlicht, Rugg, Fujii, Tomomitsu in Seki, 2007; Sternlicht in Rugg, 2003; Sternlicht, Rugg, Bernstein in Armstrong, 2005). Pri nekaterih raziskavah je bila poleg osnovnega upogiba trupa testirana tudi vaja osnovni upogib trupa do seda (Escamilla idr., 2006a; Escamilla idr., 2010; Escamilla idr., 2006b; Beim idr., 1997). Ostale izbrane vaje so nato raziskovalci primerjali z osnovno vajo. Na koncu so med seboj primerjali tudi električno aktivnost različnih mišičnih skupin trupa in na podlagi dobljenih rezultatov sklepali, katere vaje so učinkovitejše.

Zaradi primerjave naših rezultatov z drugimi raziskavami smo se odločili vajo osnovni upogib trupa vključiti v raziskavo. Vaje osnovni upogib trupa do seda nismo vključili v raziskavo. Vzrok so predhodne raziskave, ki so nakazovale, da je ta vaja pri posameznikih s šibkimi trebušnimi mišicami lahko tudi nevarna za pojav bolečin v križu. V raziskavi Sternlicht in Rugg (2003) ugotavljata, da se vaja osnovni upogib trupa v leži na hrbtnu izvaja tako, da posameznik od tal dvigne samo glavo in lopatice, ter s tem prepreči vključevanje upogibalk kolka. S tem zmanjšamo delovanje kompresijskih in strižnih sil, ki delujejo na ledvena vretenca, ko se vključi črevničnoledvena mišica (*m. iliopsoas*). Ravno pri izvedbi vaje osnovni upogib trupa do seda pride do povečane aktivnosti črevničnoledvene mišice. Raziskave so pokazale, da do povečane aktivnosti upogibalk kolka pride, ko trup dvignemo nad 30° glede na podlago (Sternlicht in Rugg, 2003). Vaja osnovni upogib trupa je zelo učinkovita pri rekrutaciji trebušnih mišic, zmanjšuje možnost vključevanja črevničnoledvene mišice in znižuje možne preobremenitve na ledveni del vretenc. Zaradi tega so jo v večini raziskav vzeli kot primerjalno vajo. Ta vaja pa ni le popularna kot primerjalna vaja, temveč se pogosto uporablja tudi pri treningu športnikov (Sternlicht in Rugg, 2003).

Večina raziskav je testirala vaje za trebušne mišice z različnimi napravami ter eno vajo na gimnastični žogi. Ugotavljali so, kako določena naprava učinkovito aktivira trebušne mišice. Nobena od najdenih raziskav ni testirala principa izvedbe vaje tako, da vadeči napenja trebuje leže na žogi ter pri tem »izkorišča« znotraj trebušni pritisk za premagovanje bremena, ki ga

predstavlja lastno telo. Odločili smo se, da bomo to raziskali. V naši raziskavi so bile testirane vaje namenjene povečanju mišične mase mišic trupa. Vaje smo izvajali v počasnem tekočem tempu. Kot osnovno vajo smo vzeli upogib trupa in jo primerjali s tremi težavnostnimi različicami vaje napenjanja trebuha na košarkarski žogi.

1.8 CILJI

Cilj je primerjati električno aktivnost trebušnih mišic med osnovno vajo (osnovni upogib trupa) in tremi težavnostnimi različicami vaje napenjanje trebuha leže na košarkarski žogi.

1.9 HIPOTEZE

- H1 Električna aktivnost mišic trupa bo večja pri osnovnem upogibu trupa, kot pri izvedbi vaje napenjanje trebuha leže na žogi (roke in noge na tleh).
- H2 Električna aktivnost mišic trupa bo večja pri osnovnem upogibu trupa, kot pri izvedbi vaje napenjanje trebuha leže na žogi (roke dvignjene od tal in noge na tleh).
- H3 Električna aktivnost mišic trupa bo večja pri izvedbi vaje napenjanje trebuha leže na žogi (noge dvignjene od tal, roke na tleh), kot pri osnovnem upogibu trupa.

2.0 METODE DELA

2.1. PREIZKUŠANCI

V raziskavi je prostovoljno sodelovalo 20 študentov in študentk Fakultete za šport (10 študentov in 10 študentk) starih 22 ± 4 let, težkih $66,7 \pm 11,6$ kg in visokih $174,4 \pm 9,3$ cm (povprečje \pm standardni odklon). Pred izvedbo meritve smo merjence seznanili z vajami in potekom raziskave. Prav tako je bila pred meritvijo opravljena predhodna vadba, da so se merjenci naučili pravilno izvajati vaje. Pri pridobivanju merjencev smo pazili, da posamezniki niso imeli prevelikega odstotka mašcobe v predelu trupa. S tem smo zagotovili čim bolj pravilen elektromiografski (EMG) signal.

2.2. PRIPOMOČKI

Meritve smo izvajali v kineziološkem laboratoriju na Fakulteti za šport. Za pridobivanje podatkov smo uporabili merilno napravo PowerLab in računalniški program LabChart7 Pro (vse ADInstruments, Oxford, Velika Britanija).

Med izvedbo raziskave smo uporabljali naslednje pripomočke:

- košarkarska žoga (merjenci so na njej napenjali trebuh),
- metronom,
- štoparica,
- površinske elektrode za enkratno uporabo (KENDALL, H124SG, Velika Britanija).

2.3. POSTOPEK

Z merjenimi je bila opravljena predhodna vadba, da so se naučili pravilne izvedbe vaj. Vadba je potekala dvakrat tedensko, tri tedne zaporedoma, v laboratoriju za kineziologijo. Vsak merjenec je pred pristopom k meritvam opravil šest vadb.

Celotna izvedba meritve je bila opravljena v približno devetdesetih minutah. Merjencu smo najprej namestili elektrode na zgornji in spodnji del preme trebušne mišice, na zunano poševo trebušno mišico, na notranjo poševo trebušno mišico, prečno trebušno mišico, mišico vzravnalko hrbtenice ter ničelno elektrodo na pogačico. Uporabili smo elektrode za enkratno uporabo, ki smo jih zavarovali z medicinskim obližem. Nato smo merjenčev trup povezali z elastičnim povojem, da ne bi prihajalo do premikov elektrod. Sledilo je ogrevanje s tekom, ki je trajal pet do sedem minut, oziroma do praga potenja. S tem smo zagotovili dvig temperature telesa in ga pripravili na izvedbo meritev.

Preden smo elektrode povezali z napravo za merjenje EMG, je merjenec opravil še dve aktivacijski vaji (opisani v nadaljevanju) z medicinsko žogo (2 kg). S tem smo povzročili pojav potenciacije oziroma začasno izboljšanje mišičnega delovanja. Sledilo je preverjanje pravilnosti namestitve elektrod na mišice. Meritve smo začeli z vajami za največje hoteno naprezanje (izometrično naprezanje). Vsak merjenec je izvedel pet vaj, pri katerih je največje hoteno naprezanje trajalo pet sekund. Odmor med vsako ponovitvijo je trajal dve minuti. Silo je merjenec razvijal počasi in tako s postopnim zavestnim vključevanjem (rekrutacijo) motoričnih enot dosegel največjo hoteno naprezanje.

Sledila je izvedba štirih vaj, ki pa so jih merjenci izvajali po naključnem vrstnem redu, tako kot je določil žreb. Vsako vajo je merjenec izvedel v dveh serijah s petimi povezanimi ponovitvami, po protokolu ena sekunda koncentričnega krčenja in dve sekundi ekscentričnega krčenja. Odmor med serijami je trajal tri minute.

2.3.1 PRIDOBIVANJE EMG PODATKOV

Električno aktivnost mišice smo izmerili s pomočjo merilne naprave PowerLab in z računalniškim programom LabChart7 Pro. Uporabili smo površinske bipolarne elektrode za enkratno uporabo (Ag/AgCl elektrode), ki so bile nameščene na že zgoraj omenjene mišične skupine. Preden smo elektrode pritrtili na površino kože smo mesto, kjer bodo elektrode nameščene, ustrezno pripravili. S površine kože smo odstranili dlake, odmrle celice kože, maščobo in ostale nanose, ki se naberejo na koži ter nazadnje površino kože očistili še z alkoholom. Pri postavitvi elektrod smo pazili, da smo elektrode postavili v smeri poteka

mišičnih vlaken. Premer vsake elektrode je bil 18 mm. Elektrodi sta bili med seboj oddaljeni 25 mm. Postavitev elektrod na mišične skupine je bila sledeča:

- Zgornji del preme trebušne mišice (m. rectus abdominis): 25% razdalje proksimalno med žličko (xyphoid process) in sramnično zrastjo (pubic symphysis) ter 3 cm pravokotno od linea alba (Beim idr., 1997; Escamilla idr., 2006a);
- Spodnji del preme trebušne mišice (m. rectus abdominis): 2,5 cm od popka navzdol in 3 cm pravokotno od linea alba (Avedisian idr., 2005; Escamilla idr., 2006a);
- Zunanja poševna trebušna mišica (m. obliquus externus abdominis): v širini dveh prstov nad sprednjo polovico črevničnega grebena (Beim idr., 1997);
- Notranja poševna trebušna mišica (m. obliquus internus abdominis): 2 cm v horizontalni smeri pod zgornjim sprednjim črevničnim trnom (Anterior Superior Iliac Spine) in v smeri proti centru. Znotraj »trikotnika« dimeljske vezi (ingvinalni ligament), lateralni rob ovojnice preme trebušne mišice in v liniji, ki se povezuje z zgornjim sprednjim črevničnim trnom (Escamilla idr., 2006b in Escamilla idr., 2010);
- Prečna trebušna mišica (m. transversus abdominis): 2 cm cefalično od sramne kosti ter lateralno od sredine in paralelno glede na zgornjo vejo sramnice (Stüpp idr., 2011);
- Mišica vzravnalka hrbtenice (m. erector spinae): v širini enega prsta medialno od linije zgornjega zadnjega črevničnega trna proti konici najnižjega rebra in na višini drugega ledvenega vretenca (L2) (Seniam, 2014);
- Ničelna elektroda: na pogačici (De Luca, 2002; Murray, Cipriani, O'Rand in Reed-Jones, 2013; Rahmani-Nia, Farzaneh, Damirchi, Majlan in Tadibi, 2014).

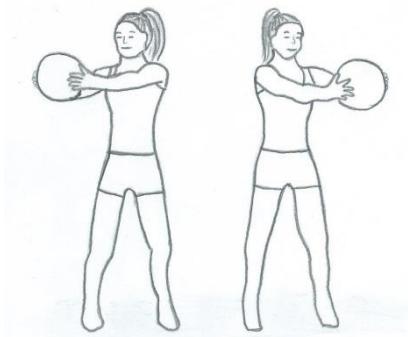
EMG signali so bili vzorčeni z 2000 Hz za vsak kanal. Pri obdelavi podatkov smo uporabili pasovni filter (20 – 500 Hz).

2.3.2 OPIS VAJ, KI SO JIH IZVEDLI MERJENCI:

2.3.2.1. AKTIVACIJSKI VAJI

- **Kratki hitri zasuki trupa s težko žogo (2 kg) v predročenju (4 ponovitve na vsako stran) (Slika 15)**

OPIS: stoji razkoračno (noge širše od bokov in nekoliko skrčene v kolenih), predročenje, žoga v rokah. Merjenec se skoncentrira in napne trebušne mišice. Sledijo hitri zasuki levo in desno.

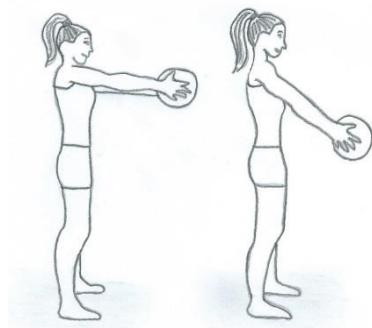


Slika 15: Kratki hitri zasuki trupa s težko žogo v predročenju.

Slika 15 prikazuje aktivacijsko vajo, ki so jo merjenci izvedli pred meritvijo.

- **Hiter spust in dvig težke žoge (2 kg) iz predročenja do 45 stopinj v ramenih in nazaj (5 ločenih ponovitev, vaje so bile izvedene z ekscentrično-koncentričnim naprezanjem) (Slika 16)**

OPIS: stoji razkoračno predročenje, žoga v rokah. Merjenec se skoncentrira in napne trebušne mišice. Sledi hiter spust rok v ramenskem obroču do 45° in vračanje nazaj v začetni položaj. Med izvedenimi petimi ponovitvami je zelo kratek premor.

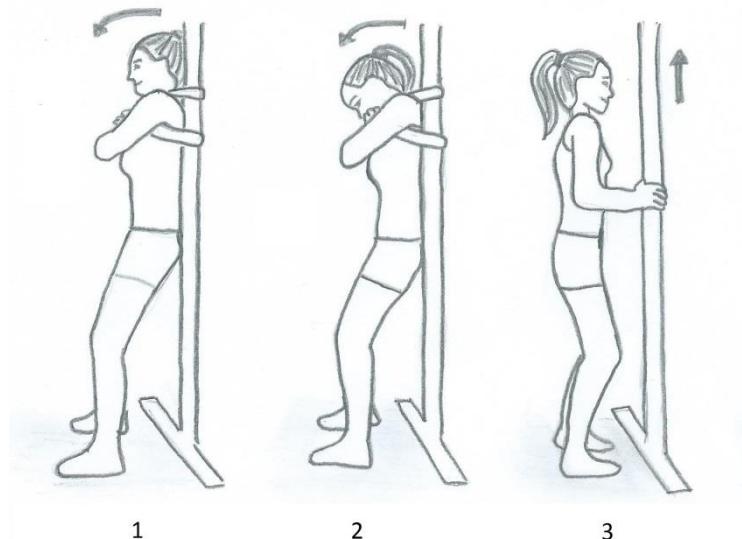


Slika 16: Hiter spust in dvig težke žoge iz predročenja do 45 stopinj v ramenih in nazaj.

Slika 16 prikazuje aktivacijsko vajo, ki so jo merjenci izvedli pred meritvijo.

2.3.2.2. MAKSIMALNO HOTENO NAPREZANJE:

- **ZA TREBUH:**
 - IZOMETRIČNO NAPREZANJE – MERJENEC JE PROTI UPORU POSKUŠAL »ODMAKNITI ZGORNJI DEL TRUPA OD NEPREMIČNE OPORE« (POGLED NAPREJ) (Slika 17 - 1)
OPIS: staja razkoračno (noge v kolenih nekoliko pokrčene), celoten hrbtni del telesa se dotika kletke (ledveni del ob kletki), predročenje dol, skrčeno, podlahti prekrižani, pogled usmerjen naprej. Merjenec se skoncentrira in napne trebušne mišice. Sledi »odmak zgornjega dela telesa proti uporu od nepremične opore«, pogled je skozi celotno izvedbo usmerjen naprej. Silo razvija počasi do največje sile in jo zadrži pet sekund.
 - IZOMETRIČNO NAPREZANJE – MERJENEC JE PROTI UPORU POSKUŠAL »ODMAKNITI ZGORNJI DEL TRUPA OD NEPREMIČNE OPORE« (POGLED DOL) (Slika 17 - 2)
OPIS: staja razkoračno (noge v kolenih nekoliko pokrčene), celoten hrbtni del telesa se dotika kletke (ledveni del ob kletki), predročenje dol, skrčeno, podlahti prekrižani, pogled usmerjen dol. Merjenec se skoncentrira in napne trebušne mišice. Sledi »odmak zgornjega dela telesa proti uporu od nepremične opore«, pogled je skozi celotno izvedbo usmerjen dol. Silo razvija počasi do največje sile in jo zadrži pet sekund.
 - IZOMETRIČNO NAPREZANJE – MERJENEC JE IZOMETRIČNO NAPEL MIŠICE TRUPA IN Z ROKAMI POSKUŠAL DVIGNITI NEPREMIČNO OPORO (Slika 17 - 3)
OPIS: staja rahlo razkoračno (noge v kolenih nekoliko pokrčene), z dlanmi prijem za nepremično oporo, roke v komolcih so pokrčene za 90° , pogled proti nepremični opori. Merjenec se skoncentrira, napne trebušne mišice in hkrati poskuša dvigniti nepremično oporo. Silo razvija počasi do največje sile. Zadrži pet sekund.



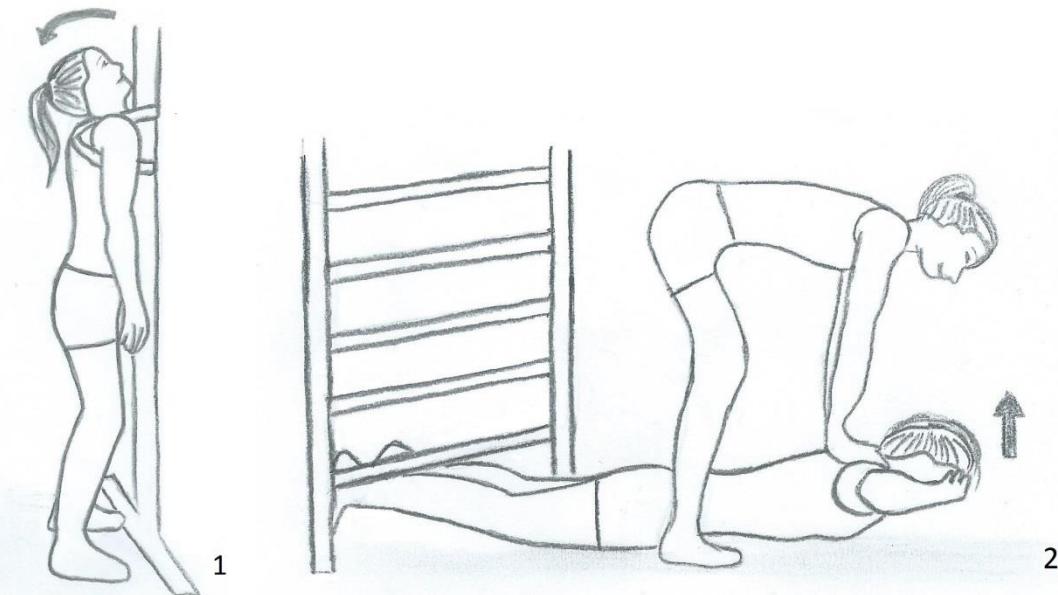
Slika 17: Izometrično naprezanje za trebušne mišice.

Slika 17 prikazuje vaje za izometrično naprezanje za trebušne mišice: 1) odmik zgornjega dela trupa od nepremične opore proti uporu (pogled naprej), 2) odmik zgornjega dela trupa od nepremične opore proti uporu (pogled dol), 3) poskus »dviga« nepremične opore.

- **ZA HRBET:**

- IZOMETRIČNO NAPREZANJE – MERJENEC JE PROTI UPORU POSKUŠAL »ODMAKNITI ZGORNJI DEL TRUPA OD NEPREMIČNE OPORE NAZAJ IN DOL (ROKE OB TELESU)« (Slika 18)
OPIS: staja razokoračno s sprednjim delom trupa obrnjenim proti nepremični opori. Celoten sprednji del trupa se opira na nepremično oporo, priročenje. Merjenec se skoncentrira in napne mišice trupa. Sledi »odmik zgornjega dela telesa proti uporu od kletke nazaj in dol«. Silo razvija počasi do največje sile in jo zadrži pet sekund.

- IZOMETRIČNO NAPREZANJE – MERJENEC JE PROTI UPORU POSKUŠAL IZTEGNITI TRUP (Slika 18)
OPIS: leža na trebuhu, odročenje upognjeno (dlani pri senkah), z nogami se opremo pod lestvino, pogled usmerjen dol in rahlo naprej. Merjenec se skoncentrira in napne mišice trupa. Sledi izteg trupa proti uporu. Silo razvija počasi do največje sile in jo zadrži pet sekund.



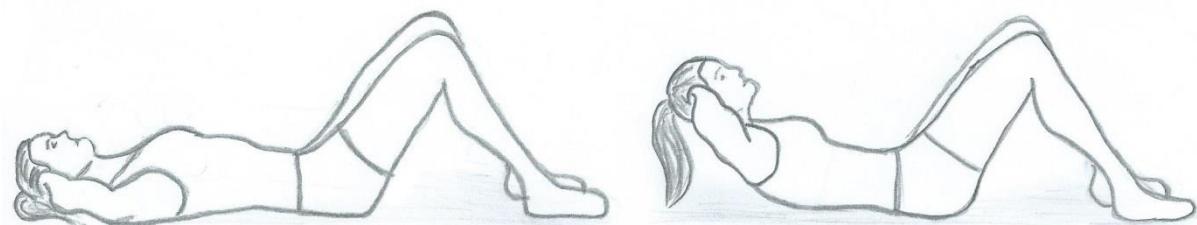
Slika 18: Izometrično naprezanje za mišice hrbita.

Slika 18 prikazuje vaje za izometrično naprezanje za hrbitne mišice: 1) odmik zgornjega dela trupa od nepremične opore nazaj in dol (roke ob telesu), 2) izteg trupa proti uporu.

2.3.2.3. ŠTIRI TESTIRANE VAJE

- **Osnovni upogib trupa** (Slika 19)

Leža na hrbitu razkoračno upognjeno, odročenje upognjeno, dlani pri sencah. Križ pritisnjen na tla. Sledi upogib trupa do dviga lopatic od tal (upogib do 30°). Vračanje v osnovni položaj.



Slika 19: Osnovni upogib trupa.

Slika 19 prikazuje izvedbo vaje osnovni upogib trupa.

- **Napenjanje trebuha leže na žogi – roke in noge na tleh** (Slika 20)

Leža na trebuhu na žogi, opora na podlahteh in na prstih stopal. Mišice trebušnega steznika so sproščene. Sledi napenjanje mišic trebušnega steznika tako, da se je merjenec dvignil na žogi in nato vračanje v začetni položaj.



Slika 20: Napenjanje trebuha leže na žogi z rokami in nogami na tleh.

Slika 20 prikazuje izvedbo vaje napenjanje trebuha leže na žogi z rokami in nogami na tleh.

- **Napenjanje trebuha na žogi – roke dvignjene od tal** (Slika 21)

Leža na trebuhu na žogi, opora na prstih stopal, vzročenje. Mišice trebušnega steznika so sproščene. Sledi napenjanje mišic trebušnega steznika tako, da se je merjenec dvignil na žogi in nato vračanje v začetni položaj.

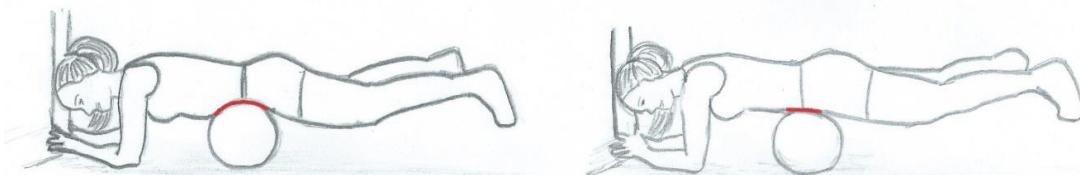


Slika 21: Napenjanje trebuha leže na žogi z rokami dvignjenimi od tal.

Slika 21 prikazuje izvedbo vaje napenjanje trebuha leže na žogi z rokami dvignjenimi od tal.

- **Napenjanje trebuha na žogi – noge dvignjene od tal** (Slika 22)

Leža na trebuhu na žogi, z rokami se držimo droga, roke so na podlago oprte s podlahtmi, noge v zraku. Mišice trebušnega steznika so sproščene. Sledi napenjanje mišic trebušnega steznika tako, da se merjenec dvigne na žogi in nato vrne v začetni položaj.



Slika 22: Napenjanje trebuha leže na žogi z nogami dvignjenimi od tal.

Slika 22 prikazuje izvedbo vaje napenjanje trebuha leže na žogi z nogami dvignjenimi od tal.

2.3.3 STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV

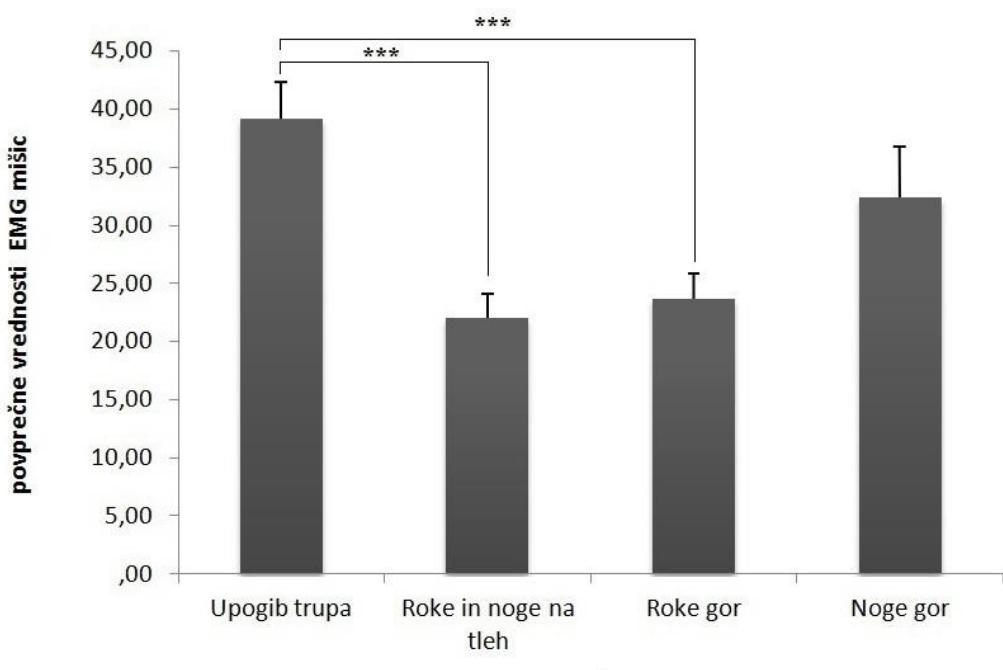
Statistična analiza, je bila narejena s pomočjo dveh računalniških programov: Excela 2007 in SPSS 17. V Excelu, smo iz dobljenih rezultatov izračunali največje vrednosti za mišice hrbta in trebuha (največje hoteno naprezanje) in odstotek vključevanja vsake od šestih mišičnih skupin za vsako vajo posebej (štiri vaje). Za vse štiri vaje in za vse merjence smo nato izračunali še povprečno aktivnost posamezne mišične skupine. Kot osnovno oziroma primerjalno vajo smo vzeli osnovni upogib trupa ter jo primerjali z ostalimi tremi vajami.

Dobljene vrednosti (povprečno aktivnost posamezne mišične skupine za vsakega merjenca in vsako vajo posebej) smo obdelali v statističnem računalniškem programu SPSS 17, kjer smo uporabili test za analizo variance za ponovljene meritve ter Bonferroni korekcijo za ugotavljanje razlik med pari.

3.0 REZULTATI

Pridobljene rezultate, smo primerjali z ostalimi raziskavami. Kot osnovno vajo oziroma vajo za primerjanje, smo določili osnovni upogib trupa. Ugotovili smo, da se vaja osnovni upogib trupa in napenjanje trebuha leže na žogi z nogami gor, med seboj ne razlikujeta ($p > 0.05$); med seboj pa se razlikujejo naslednje vaje:

- a) Vaja osnovni upogib trupa in vaja napenjanje trebuha leže na žogi z rokami gor ($p < 0.01$),
- b) Vaja osnovni upogib trupa in vaja napenjanje trebuha leže na žogi z rokami in nogami na tleh ($p < 0.01$).



Slika 23: Povprečne vrednosti in standardni odkloni EMG mišic.

Slika 23 prikazuje povprečne vrednosti in standardne odklone EMG vseh mišic za vsako testirano vajo posebej.

Vse vrednosti so bile interpretirane kot statistično značilne pri $p < 0,05$. Rezultati so pokazali, da med vajami obstajajo razlike ($F(2.30, 43.78) = 10.50$). Dobljeni kontrasti so pokazali, da so vrednosti vaje napenjanje trebuha leže na žogi z rokami in nogami na tleh ($F(1,19) = 20.34$, $r = 0.72$), vrednosti vaje napenjanje trebuha leže na žogi z rokami gor ($F(1,19) = 22.81$, $r = 0.74$) in vrednost vaje napenjanje trebuha leže na žogi z nogami gor ($F(1,19) = 2.67$, $r = 0.35$) statistično nižje kot vrednosti pri osnovnem upogibu trupa.

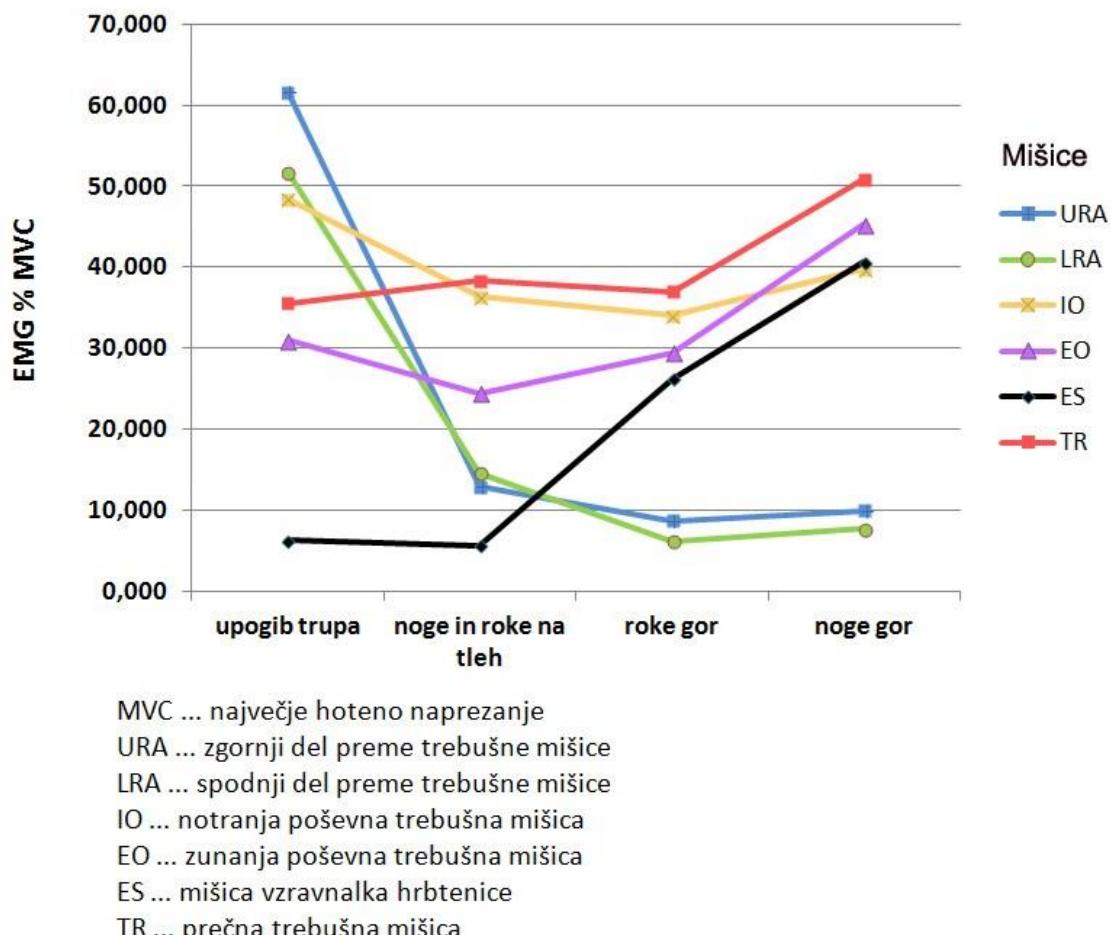
Med seboj smo primerjali tudi električno aktivnost šestih mišičnih skupin, pri izvajanju štirih vaj. Kot osnovno vajo smo zopet vzeli osnovni upogib trupa in dobljene vrednosti primerjali z ostalimi tremi različicami vaje napenjanja trebuha leže na žogi. Ravno zato EMG vrednosti za vsako od šestih mišic pri osnovnem upogibu trupa predstavljajo 100%. Glede na dobljene 100 % vrednosti pri vaji osnovni upogib trupa, smo vrednosti vsake mišične skupine za preostale tri različice vaje napenjanja trebuha leže na žogi, izrazili v odstotkih. Iz tabele 1 je razvidno, da je bila pri izvedbi vseh treh različic vaje napenjanja trebuha leže na žogi, najbolj električno aktivna prečna trebušna mišica (noge gor = 143 %, $p > 0,05$; roke gor = 104 %, $p > 0,05$; roke in noge na tleh = 108 %, $p > 0,05$). Prav tako je bila zelo električno aktivna tudi zunana poševna trebušna mišica (146 %, $p > 0,05$) pri vaji napenjanje trebuha leže na žogi, kjer so merjenci imeli noge dvignjene od tal.

Tabela 1: Odstotek električne aktivnosti mišic (EMG) za tri različice vaje napenjanja trebuha leže na žogi glede na vrednosti dobljene pri osnovnem upogibu trupa (N = 20).

VAJE MIŠICE	zgornji del preme trebušne mišice	spodnji del preme trebušne mišice	notranja poševna trebušna mišica	zunanja poševna trebušna mišica	mišica vzravnalka hrbtenice	prečna trebušna mišica
Noge gor	16	15	82	146	641	143
Roke gor	14	12	70	95	414	104
Roke in noge na tleh	21	28	75	79	90	108
Upogib trupa	100	100	100	100	100	100

V tabeli 1 so v odstotkih prikazane EMG vrednosti vključevanja šestih mišic pri treh različnih težavnostnih stopnjah vaje napenjanje trebuha leže na žogi. Vrednosti EMG za primerjalno vajo – osnovni upogib trupa so bile vzete kot 100%

Povprečne vrednosti EMG signala izražene v % MVC



Slika 24: Električno vključevanje šestih mišičnih skupin glede na posamezno vajo.

Slika 24 prikazuje, kako so se električno vključevale mišične skupine, glede na posamezno vajo.

Statistično značilne razlike je bilo zaznati tudi med posameznimi mišičnimi skupinami ($F(3.68, 70.00) = 8.12$). Dobljeni kontrasti so pokazali, da so vrednosti zgornjega dela preme trebušne mišice ($F(1, 19) = 10.26, r = 0.59$), vrednosti spodnjega dela preme trebušne mišice ($F(1, 19) = 17.32, r = 0.69$), vrednosti notranje poševne trebušne mišice ($F(1, 19) = 0.02, r = 0.03$), vrednosti zunanjega poševne trebušne mišice ($F(1, 19) = 3.47, r = 0.39$) in mišice vzravnalke hrbtenice ($F(1, 19) = 24.64, r = 0.75$) statistično nižje kot vrednosti pri prečni trebušni mišici.

4.0 RAZPRAVA

Namen raziskave je bilo ugotoviti, katere mišične skupine so najbolj električno aktivne pri dveh vajah za moč mišic trupa. Zanimalo nas je, ali se bo pri vseh treh različicah vaje napenjanje trebuha leže na žogi najbolj vključevala najgloblja trebušna mišica – prečna trebušna mišica glede na ostale merjene mišice. Prečna trebušna mišica skupaj z notranjo poševo trebušno mišico (Norris, 2000), trebušno prepono in mišicami medeničnega dna pripomore k povečanemu pritisku v trebušni votlini ter s tem poveča čvrstost hrbtenice in stabilizacijo sakroiliakalnega sklepa (Primožič in Turk, 2008).

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko zaključimo, da se med seboj razlikujejo naslednje vaje: vaja osnovni upogib trupa in vaja napenjanje trebuha leže na žogi (roke in noge na tleh) ter vaji osnovni upogib trupa in napenjanje trebuha leže na žogi (roke dvignjene od tal in noge na tleh). Razlike ni bilo zaznati med vajama osnovni upogib trupa in napenjanje trebuha leže na žogi (noge dvignjene od tal, roke na tleh). Pri tej analizi so bile za vsako vajo posebej skupaj zajete vse mišične skupine. Ravno zato ne moremo trditi, da je določena vaja bolj učinkovita kot druga. Le-to lahko bolj natančno trdimo, ko pri vsaki vaji posebej analiziramo električno aktivnost posamezne mišične skupine. V nadaljevanju smo zato pri izvedbi štirih vaj med seboj primerjali tudi električno aktivnost šestih mišic trupa. Ugotovili smo (tabela 1), da se je pri vseh treh različicah vaje napenjanje trebuha leže na žogi najbolj vključevala prečna trebušna mišica. Ta mišica leži najbližje hrbtenici. Zanimivo nam je bilo, da je zunanj poševana trebušna mišica pri vseh treh različicah vaje napenjanje trebuha leže na žogi bolj aktivna kot pa notranja poševana trebušna mišica, ki leži pod njo. Dobljenega rezultata žal ne znamo pojasniti.

4.1 BIOMEHANSKA RAZLIKA MED OSNOVNIM UPOGIBOM TRUPA IN TREMI RAZLIČICAMI VAJE NAPENJANJA TREBUHA LEŽE NA ŽOGI

Da bi lahko pojasnili različno močno električno vključevanje različnih mišičnih skupin, moramo najprej poznati izvor, narastiče in funkcijo mišic, na katere želimo vplivati z izvedbo določene vaje oziroma s treningom. Pomembni so tudi: začetni položaj, potek gibanja, dolžina ročice od osi gibanja do prijemališča bremena ter velikost le-tega.

Pri osnovnem upogibu trupa gre, kot že ime vaje pove, za upogib trupa. Mišica, ki naj bi najbolj pri pomogla k temu gibanju, je prema trebušna mišica, saj se na eni strani pripenja na 5. do 7. rebrni hrustanec in mečasti odrastek prsnice, na drugi strani pa na sramnico (Gržinič idr., 2014; Kenyon in Kenyon, 2007; Kobe idr., 1997). Njena glavna funkcija je upogib trupa ozziroma natančneje, ob fiksirani medenici upogibanje hrbtenice, potiskanje prsnega koša navzdol k medenici, ob fiksiranem prsnem košu pa dviganje medenice (Kobe idr., 1997). V naši raziskavi se je pri osnovnem upogibu trupa (slika 23) najbolj rekrutiral zgornji del preme trebušne mišice, nekoliko manj pa je bil električno aktiven spodnji del te mišice. Razlog za različno električno aktivnost enega in drugega dela iste mišice lahko povežemo z izvedbo gibanja. Merjenci so pri tej vaji od tal dvigovali zgornji del trupa, torej je bila medenica »fiksirana«. O podobnih ugotovitvah v svojem članku piše tudi Kravitz (Kravitz, 1998). Pri izvedbi osnovnega upogiba trupa je bila zelo visoko električno aktivna tudi notranja poševna trebušna mišica. Po pričakovanjih je bila najmanj električno aktivna mišica edina merjena mišica na hrbtu – mišica vzravnalka hrbtenice, saj je njena osnovna funkcija iztegovanje trupa (Kobe idr., 1997). Primerjalno z drugimi preiskavami se je pri izvedbi vaje osnovni upogib trupa bolj vključeval zgornji kot spodnji del preme trebušne mišice (Beim idr., 1997; Bird idr., 2006; Escamilla idr., 2006a; Escamilla idr., 2006b; Escamilla idr., 2010; Sternlicht in Rugg, 2003; Sternlicht idr., 2005). Sternlicht in sodelavci (2007) so v svoji raziskavi merili električno aktivnost trebušnih mišic pri izvedbi dveh različic osnovnega upogiba trupa na gimnastični žogi. Telo merjencev je bilo enkrat postavljen v višino križa, drugič v višino lopatic. Električna aktivnost trebušnih mišic (zunanje poševne trebušne mišice zgornjega in spodnjega dela preme trebušne mišice) je bila pri izvedbi osnovnega upogiba trupa na gimnastični žogi nižja, ko je bilo telo merjencev postavljen na gimnastično žogo v višini lopatic ter višja, ko je bilo telo merjencev postavljen na gimnastično žogo v višini križa (Sternlicht idr., 2007). Ročica je bila pri postavitvi telesa na gimnastično žogo v višini križa daljša, to pa je zahtevalo večjo rekrutacijo trebušnih mišic.

V naši raziskavi je bila pri vseh treh različicah vaje napenjanja trebuha leže na žogi najbolj električno aktivna prečna trebušna mišica. Dobljeni rezultati kažejo, da sta se pri vseh treh različicah vaje napenjanja trebuha leže na žogi podobno električno vključevali prečna trebušna mišica in notranja poševna trebušna mišica. To pa ne velja za vajo osnovni upogib trupa (slika 23). Prečna trebušna mišica in notranja poševna trebušna mišica sodita med globoke trebušne mišice in omogočata stabilizacijo hrbtenice, predvsem ledvenega dela. Rekrutacija obeh mišic naj bi povečala znotraj trebušni pritisk (Norris, 2000), za katerega

predpostavljamo, da je bi bil (poleg obeh globokih trebušnih mišic) pri izvedbi vseh treh različic vaje napenjanja trebuha leže na žogi zelo pomemben.

Najlažja različica vaje napenjanja trebuha leže na žogi je bila vaja, kjer so imeli merjenci roke in noge na tleh. Pri tej vaji je bilo breme, ki so ga morale premagovati mišice trupa, najmanjše. To je bilo dobro vidno pri električni aktivnosti mišice vzravnalke hrbtenice, ki je bila nižja kot pri ostalih različicah (slika 23). Ta mišica je bila kasneje (pri drugih dveh različicah vaje napenjanje trebuha leže na žogi) aktivnejša, saj se je povečalo breme, kar je zahtevalo večjo rekrutacijo motoričnih enot. Tako se je električna aktivnost edine merjene mišice na hrbtu zelo povečala, ko so merjenci od tal dvignili samo roke, še bolj pa, ko so imeli od tal dvignjene noge. Največje vrednosti te mišice pri vaji napenjanje trebuha leže na žogi z nogami gor lahko povežemo z ročico, ki je bila tu najdaljša, ter s tem, da so noge bistveno težje kot roke. Če so torej merjenci želeli ves čas (pri izvedbi vaje napenjanje trebuha leže na žogi) držati noge oziroma roke dvignjene od tal, je morala biti mišica vzravnalka hrbtenice močno oziroma malo manj rekrutirana.

Električno vključevanje trebušnih mišic pri vseh treh različicah vaje napenjanja trebuha leže na žogi je bilo različno glede na posamezno vajo (slika 23). Pri vaji napenjanja trebuha leže na žogi, kjer so imeli merjenci noge in roke na tleh, sta se najbolj električno vključevali prečna trebušna mišica in notranja poševna trebušna mišica, bistveno manj pa zunanja poševna trebušna mišica. Ko so merjenci dvignili roke od tal, se je povečala samo električna aktivnost zunanje poševne trebušne mišice, medtem ko je električna aktivnost preostalih dveh nekoliko padla. Pri vaji, kjer so merjenci dvignili noge od tal, je električna aktivnost prečne trebušne mišice in zunanje poševne trebušne mišice strmo narastla, nekoliko manj pa se je povečala rekrutacija notranje poševne trebušne mišice. Pri vaji napenjanja trebuha leže na žogi z rokami dvignjenimi od tal in pri vaji napenjanja trebuha leže na žogi z nogami dvignjenimi od tal je bila električna aktivnost obeh delov preme trebušne mišice majhna. Pri izvedbi vaje napenjanja trebuha leže na žogi z rokami in nogami na tleh se je električna aktivnost obeh delov preme trebušne mišice povečala, zelo veliko povečanje električne aktivnosti pa smo opazili pri osnovnem upogibu trupa. Dobljene vrednosti potrjujejo teorijo, da je osnovna funkcija preme trebušne mišice upogibanje trupa (Kobe idr., 1997).

Večja električna aktivnost prečne trebušne mišice, notranje trebušne mišice in zunanje trebušne mišice pri vseh treh različicah vaje napenjanja trebuha leže na žogi nakazuje, da so

za dobro izvedbo bolj pomembne mišične skupine, ki ležijo bližje hrbtenici. Funkcija vseh treh mišic je stisk trebušne stene in s tem povezana stabilizacija hrbtenice (Sobotta, 1994). Ker sta bili pri vseh treh različicah vaje napenjanja trebuha leže na žogi visoko električno aktivni obe globoki mišici, lahko zaključimo, da je njuna rekrutacija povzročila tudi povečan znotraj trebušni pritisk, ki je pomagal merjencem pri premagovanju bremena. Breme je pri vseh treh različicah vaje napenjanja trebuha leže na žogi predstavljal različen delež nepodprtga telesa. Tako so pri izvedbi vaje napenjanje trebuha leže na žogi z nogami gor nepodprt delež predstavljal nove, pri vaji napenjanje trebuha leže na žogi z rokami gor pa roke. Pri vaji napenjanje trebuha leže na žogi z rokami in nogami na tleh so bili sicer merjenci oprti na obe okončni, vendar obstaja verjetnost, da so težo telesa različno razporedili na roke. Zato je verjetno prihajalo tudi do različno močnega vključevanja mišic trupa (tabela 1).

4.2 VREDNOST UGOTOVITEV ZA TEORIJO IN PRAKSO

Ker so najglobje mišice trupa skupaj z znotrajtrebušnim pritiskom in prsno-ledveno vezivno ovojnico zelo pomembne za stabilno hrbtenico (Norris, 2000), moramo pri treningu športnikov v program (športne) vadbe najprej umestiti vaje, ki bodo izboljšale moč trupa. Kasneje, ko je trup že dovolj dobro pripravljen, naj bi se začeli posvečati vajam bolj distalnih mišičnih skupin.

Dobri programi treningov za stabilno hrbtenico morajo vsebovati vaje za najglobje mišične skupine trupa in lokalne stabilizatorje, ki stabilizirajo hrbtenico in medenico (Primožič in Turk, 2008). Dobrodošlo je, če te vaje kombiniramo še z vajami za površinske mišične skupine.

Glede na to, da se je pri naši raziskavi, pri izvedbi vseh treh različic vaje napenjanja trebuha leže na žogi, najbolj električno vključevala prečna trebušna mišica, lahko rečemo, da so, če želimo trenirati prečno trebušno mišico, vse tri različice vaje napenjanja trebuha leže na žogi boljša izbira kot osnovni upogib trupa. Najlažja za izvedbo je vaja napenjanja trebuha leže na žogi z nogami in rokami na tleh. To vajo bi lahko uporabili v začetnih delih rehabilitacijskih programov oziroma v procesu treniranja športnikov. V kolikor bi bila ta vaja še vedno pretežka, bi lahko težo telesa prenesli bolj na roke in noge. Vadeči bi se s trebušnim delom z

manjšo težo opirali na košarkarsko žogo, vendar še vedno dovolj močno, da bi imela vaja pozitiven učinek na razvoj moči ciljnih trebušnih mišic. V nasprotnem primeru vajo zamenjamo z drugo, ki bo učinkovitejša. Naslednja stopnja oziroma težavnost merjenih vaj na žogi bi bila vaja napenjanja trebuha na žogi z rokami dvignjenimi od tal. Razlog za to izbiro je krajša ročica in manjša teža »telesnega uda«. Zadnja in najtežja različica vseh treh izbranih vaj bi bila vaja napenjanja trebuha leže na žogi z nogami dvignjenimi od tal. Rezultati so sicer pokazali, da se je prečna trebušna mišica bolj rekrutirala pri izvedbi vaje napenjanje trebuha leže na žogi z rokami in nogami na tleh, kot pa pri izvedbi vaje napenjanje trebuha leže na žogi z rokami gor (tabela 1). Menimo, da je vzrok za dobljeni rezultat pri izvedbi vaje napenjanje trebuha leže na žogi z rokami in nogami na tleh lahko posledica različne razporeditve teže telesa na roke. Delež telesne teže, ki so ga merjenci prenesli na oprte roke, nismo izmerili. Zaključimo lahko, da je verjetno prihajalo do različno močnega vključevanja mišic trupa ravno zaradi različne razporeditve teže telesa na oprte roke pri izvedbi vaje napenjanje trebuha leže na žogi z rokami in nogami na tleh. Katero različico vaje bomo uporabili na treningu, je odvisno predvsem od predhodne telesne pripravljenosti posameznika.

Zaključimo lahko, da med vajami obstajajo razlike. Pri nekaterih vajah se bolj vključujejo zunanje, pri drugih notranje mišice. To pomeni, da se pri izvajanju določenih vaj bolj rekrutirajo notranje mišične skupine in so torej boljše, ko želimo razvijati moč globjih plasti trebušnih mišic. Ravno nasprotno velja za vaje, ki bolj rekrutirajo zunanje mišične skupine. Te vaje so bolj primerne za razvoj moči površinskih mišičnih skupin. Raziskave kažejo, da pri večini študij, ob uporabi različnih pripomočkov, ni prišlo do bistvenih razlik v rekrutaciji mišičnih skupin (Beim idr., 1997; Sternlicht in Rugg, 2003). Strokovnjaki zato svetujejo, da pripomočke lahko uporabimo oziroma umestimo v program vadbe kot popestritev oziroma z njimi preprečimo monotonost (Bird idr., 2006). Ravno tako se naše tri različice vaje napenjanja trebuha leže na žogi lahko uporabi kot dopolnilne vaje v procesu športnega treninga oziroma v programih rehabilitacije.

5.0 SKLEP

Cilj diplomske naloge je bilo ugotoviti, kakšna bo električna aktivnost trebušnih mišic pri izvedbi treh različic vaj napenjanja trebuha leže na žogi. Rezultati so pokazali, da je bila pri izvedbi vseh treh različic vaje najbolj električno aktivna prečna trebušna mišica, ki leži najgloblje in najbližje hrbtenici ter je stabilizator trupa. Poleg tega pripomore k povečanemu znotraj-trebušnemu pritisku, ki je bil pomemben tudi pri izvedbi vseh treh različic vaje.

Tako kot v naši, so tudi v drugih raziskavah ugotovili, da v električni aktivnosti trebušnih mišic, pri izvedbi različnih vaj, ni bilo velikih razlik. Rezultati so torej potrdili že znane ugotovitve o delovanju mišic, ki so jih napisali drugi. Tako se je na primer pri osnovnem upogibu trupa najbolj električno vključevala prema trebušna mišica (njena osnovna funkcija je upogibanje trupa), medtem ko se je pri izvedbi vseh treh različic vaje napenjanja trebuha leže na žogi najbolj vključevala prečna trebušna mišica (njena osnovna funkcija je stabilizacija hrbtenice, zožanje trupa in povečanje znotraj trebušnega pritiska).

Naše vaje lahko umestimo tako v programe treninga športnikov, kakor tudi v rehabilitacijske programe. Pri umeščanju vaj v programe moramo paziti na stopnjo telesne pripravljenosti vadečega in temu primerno izbrati težavnost vaje napenjanja trebuha leže na žogi. Vse tri različice vaje lahko uporabimo kot dopolnilno vajo ali bolj dinamično vadbo.

6.0 VIRI

15 Second Abs.....with Loaded Carriers? (2015). Wodmedic. Pridobljeno 12.5.2015, iz
<http://www.wodmedic.com/15-second-abs-with-loaded-carries/>

Anatomy and Physiology (2010). TeachPE. Pridobljeno 4.5.2015 iz
<http://www.teachpe.com/anatomy/>

Avedisian, L., Kowalsky, D. S., Albro, R. C., Goldner, D. in Gill, R. C. (2005). Abdominal Strengthening Using the AbVice Machine as Measured by Surface Electromyographic Activation Levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 709-712.

Baechle, T.R. (1994). Essentials of strength training and conditioning. Champaign: Human Kinetics.

Beim, G. M., Giraldo, J. L., Pincivero, D. M., Borror, M. J. in Fu, F. H. (1997). Abdominal Strengthening Exercises: A Comparative EMG Study. *Journal of Sport Rehabilitation*, 6, 11-20.

Biomechanical Work: Concentric, Eccentric and Isometric Contractions. (2015). Blog at WordPress.com. Pridobljeno 10.3.2015, iz:
<https://jimlien.files.wordpress.com/2013/02/contractions.jpg>

Bird, M., Fletcher, K. M., in Koch, A. J. (2006). Electromyographic Comparison of the Ab-Slide and Crunch Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 436-440.

Cholewicki, J., Juluru, K. in McGill S. M. (1999a). Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*, 32, 13-17.

Cholewicki, J., Juluru, K., Radebold, A., Panjabi, M. M. in McGill S. M. (1999b). Lumbar spine stability can be augmented with an abdominal belt and/or increased intra-abdominal pressure. *European Spine Journal*, 8, 388-395.

Cron, M. in McClymont (2015). Total Impact Method: A Variation on Engagement Technique in the Rugby Scrum. The sweat pit, Pridobljeno 20.6.2015, iz
http://www.sweatpit.com/forum/ubbthreads.php?ubb=rugby_tim

De Luca, C.J. (2002). Surface Electromyography: Detection and Recording. Delsys: wearable sensors fro movement science. Pridobljeno iz:
https://www.delsys.com/Attachments_pdf/WP_SEMGintro.pdf

Enoka, R. M. (1994). Neuromehanical Basis of Kinesiology. Champaign: Human Kinetics.

Erector Spinae (2015). ExRx.net. Pridobljeno 20.4.2015, iz
<http://www.exrx.net/Muscles/ErectorSpinae.html>

- Escamilla, R.F., Babb, E., DeWitt, R., Jew, P., Kelleher, P., Bumham, T., idr. (2006a). Electromyographic Analysis of Traditional and Nontraditional Abdominal Exercises: Implications for Rehabilitation and Training. *Physical Therapy*, 86(5), 656-671. Pridobljeno iz: <http://www.lifelineusa.com/media/pwrwheelstudy.pdf>
- Escamilla, R.F., Lewis, C., Bell, D., Bramblet, G., Daffron, J., Lambert, S., idr. (2010). Core Muscle Activation During Swiss Ball and Traditional Abdominal Exercises. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 40(5), 265-276. Pridobljeno iz: http://www.fbl-klein-vogelbach.org/fileadmin/fbl/documents/de/Artikel_swiss_ball.pdf
- Escamilla, R.F., McTaggart, M. S. C., Fricklas, E. J., DeWitt, R., Kelleher, P., Taylor, M. K., idr. (2006b). An Electromyographic Analysis of Commercial and Common Abdominal Exercises: Implications for Rehabilitation and Training. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 36, 45-57.
- Flores, D. F., Gentil, P., Brown, L. E., Pinto, R. S., Carregaro, R. L., Bottaro, M. (2011). Dissociated Time Course of Recovery Between Genders After Resistance Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3039-3044.
- Gatti, R., Corti, M., Barbero, M. in Testa, M. (2006). Electromyographic Activity of the Rectus Abdominis Muscle During Exercise Performed with the AB Slider. *Sport Sci Health* (1), 109-112.
- Gibbs, D. (2015). »Listening from your fascia«. Pridobljeno 6.9.2015 iz <http://diane.org/listening-from-your-fascia/>
- Gržinič, A., Želj, T., Mulej, B. In Kodela, K. (2014). Pilates 1, priročnik za usposabljanje strokovnih kadrov. Ljubljana: Fitnes zveza Slovenije.
- Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren III, G. L. in Prior, B. M. (1996). Effects of Concentric nad Eccentric Training on Muscle Strength, Cross-sectional Area, and Neural Activation. *Journal of Applied Physiology* 81(5), 2173-2181.
- Kenyon, J. in Kenyon, K. (2007). The Physiotherapist's Pocket Book: Essential Facts at Your Fingertips. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Kobe, V., Dekleva, A., Lenart, I. F., Širca, A. in Velepič, M. (1997). Anatomija: skripta za študente medicine. Del 1, Kosti, sklepi, mišice. Ljubljana: Medicinska fakulteta.
- Komi, P.V. (2003). Strength and power in sport. Oxford: Blackwell.
- Kravitz, L. (1998). SuperAbs Resource Manual. Power of Excellence. 1, 1-20. Pridobljeno iz: <http://www.unm.edu/~lkravitz/Article%20folder/abdominal.html>.

Lasan, M. (2004). Fiziologija športa – harmonija med delovanjem in mirovanjem. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Inštitut za šport v Ljubljani.

Lindgren, H. (2012). Intra-Abdominal Pressure. Hans Lindgren DC, DNS Practitioner, Pridobljeno 1.3.2015 iz <http://hanslindgren.com/blog/intra-abdominal-pressure/>

Missy (2013). Muscle Spotlight: Diaphragm. Crossfit Southbay, Pridobljeno 15.5.2015 iz <http://www.crossfitsouthbay.com/muscle-spotlight-diaphragm/>.

Murray, N., Cipriani, D., O'Rand, D. in Reed-Jones, R. (2013). Effects of Foot Position during Squatting on the Quadriceps Femoris: An Electromyographic Study. *International Journal of Exercise Science* 6(2), 114-125. Pridobljeno iz: <http://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1446&context=ijes>

Norris, C. M. (2000). Back stability. Champaign: Human Kinetics.

Pool-Goudzwaard, A. L., Vleeming, A., Stoeckart, R., Snijders, C. J. in Mens, J. M. (1998). Insufficient lumbopelvic stability: a clinical, anatomical and biomechanical approach to 'a-specific' low back pain. *Manual Therapy*, 3(1), 12-20.

Pori, M., Pori, P., Jakovljević, M. in Ščepanovič, D. (2015). Vaje za krepitev MMD iz programa Zdrava vadba ABC. Pridobljeno 9.4.2015, iz: <http://www.zdravodrustvo.si/Article/Details/23359/krepimo-misice-medenicnega-dna>

Primožič, B. in Turk, Z. (2008). Gibanje, stabilnost in bolečina v križu. Stabilizacija hrbtenice in medenice. V 80 let hospitalne ginekologije in porodništva v Mariboru (str. 607-621). Maribor: Univerzitetni klinični center.

Rahmani-Nia, F., Farzaneh, E., Damirchi, A., Majlan, A.S. in Tadibi, V. (2014). Surface Electromyography Assessments of the Vastus medialis and Rectus femoris Muscles and Creatine Kinase after Eccentric Contraction Following Glutamine Supplementation. *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(1), 54-62.

Richardson, C., Jull, G., Hodges, P. in Hides, J. (2003). Therapeutic Exercise for Spinal Segmental Stabilization in Low Back Pain: Scientific basis and Clinical approach. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Schmidtböleicher, D. (1985). Klassifizierung der Trainingsmethoden im Krafttraining. *Lehre der Leichtathletik*, 1(2), 25-30.

Schoenfeld, B. J. (2010). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872.

Seniam (2014). Pridobljeno 20.4.2014, iz: <http://seniam.org/>.

Sobotta, J. (1994). Atlas of human anatomy. Vol. 2, Thorax, abdomen, pelvis, lower limb: 656 illustrations, mostly in colour. Munich: Urban & Schwarzenberg.

Sternlicht, E., Rugg, S., Fujii, L.L., Tomomitsu, K.F. in Seki, M.M. (2007).

Electromyographic Comparison of a Stability Ball Crunch with a Traditional Crunch. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 506-509. Pridobljeno iz: http://www.researchgate.net/publication/6304767_Electromyographic_comparison_of_a_stability_ball_crunch_with_a_traditional_crunch/file/d912f50950c9482b09.pdf

Sternlicht, E. in Rugg, S. (2003). Electromyographic Analysis of Abdominal Muscle Activity Using Portable Abdominal Exercise Devices and a Traditional Crunch. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 463-468.

Sternlicht, E., Rugg, S., Bernstein, M. D. in Armstrong, S. D. (2005). Electromyographic Analysis and Comparison of Selected Abdominal Training Devices with a Traditional Crunch. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 157-162.

Stokes, I. A.F., Gardner-Morse, M. G. in Henry, S. M. (2010). Intra-abdominal pressure and abdominal wall muscular function: spinal unloading mechanism. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 25(9), 859-866.

Stokes, M. (1998). Neurological Physiotherapy. London: Mosby.

Stüpp, L., Magalhaes Resende, A. P., Dellabarba Petricelli, C., Uchiyama Nakamura, M., Alexandre, S. M. in Diniz Zanetti, M. R. (2011). Pelvic Floor Muscle and Transversus Abdominis Activation in Abdominal Hypopressive Technique Through Surface Electromyography. *Neurourology and Urodynamics*, 30, 1518-1521.

Šćepanović, D. (2003). Trening mišic medeničnega dna. *Obzornik zdravstvene nege*, 42(1), 125-131.

Škof, B. (2007). Šport po meri otrok in mladostnikov – pedagoško-psihološki in biološki vidiki kondicijske vadbe mladih. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

The Oblique and Rectus Muscles (2006). Muskingum University. Pridobljeno 22.4.2015, iz http://www.muskingum.edu/~asantas/Biology%20228/Chapter10_axialmuscle_part2_2006_files/frame.htm

Willard, F. H., Vleeming, A., Schuenke, M. D., Danneels, L. in Schleip, R. (2012). The Thoracolumbar fascia: Anatomy, Function and Clinical Considerations. *Journal of Anatomy*, 221, 507-536.

Zatsiorsky, V. in Kraemer, W. (2006). Science and Practice of Strength Training. Champaign: Human Kinetics.