

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Kineziologija

**POVEZANOST MED VELIKOSTJO EMG SIGNALA MIŠICE
TRANSVERSUS ABDOMINIS IN VELIKOSTJO SILE
UPORNICE ZA MERJENJE LATERALNE SILE V PREDELU
ZUNANJEGA KVADRANTA TREBUHA**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:

prof. dr. Vojko Strojnik, prof. šp. vzg.

RECENZENT:

doc. dr. Aleš Dolenc, prof. šp. vzg.

Avtorica:

MOJCA OVEN

Ljubljana, 2015

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Vojku Strojniku za obilico znanja, za vse strokovne nasvete in pomoč pri nastajanju diplomskega dela. Prav tako hvala tudi asist. dr. Petri Prevec za vse usmeritve, pomoč in voljo in recenzentu doc. dr. Alešu Dolencu za pregled diplomske naloge.

Udeleženci raziskave, hvala za sodelovanje.

Največje zahvale pa gredo moji družini in najbližjim prijateljem, za vzpodbudo in podporo med študijem.

Nobena stvar ne naredi
človeka srečnejšega,
kot njegovo
lastno prepričanje,
da je naredil najboljše,
kar je mogel.

Mihailo Pupin

Ključne besede: EMG, *m. transversus abdominis*, upornica, sila, povezanost

POVEZANOST MED VELIKOSTJO EMG SIGNALA MIŠICE TRANSVERSUS ABDOMINIS IN VELIKOSTJO SILE UPORNICE ZA MERJENJE LATERALNE SILE V PREDELU ZUNANJEGA KVADRANTA TREBUHA

Mojca Oven

IZVLEČEK

Pritisk v trebušni votlini je močno povezan z velikostjo aktivacije prečne trebušne mišice (*m. transversus abdominis*). Ker ima veliko merjencev, zlasti starejših oseb, na mestu merjenja EMG signala *m. transversus abdominis* večjo količino podkožne tolšče, to onemogoča zanesljive meritve EMG signala. Ker pritisk v trebušni votlini poveča togost celotnega trebušnega sistema, predpostavljamo, da se bo z večanjem pritiska v trebušni votlini povečevala tudi lateralna sila v predelu zunanjega kvadranta trebuha. Tako je cilj naloge ugotoviti povezanost med lateralno silo v predelu zunanjega kvadranta trebuha in EMG signalom *m. transversus abdominis*.

V raziskavo je bilo vključenih 17 posameznikov, naključno izbranih za testiranje. Povprečna starost preizkušancev, ženskega in moškega spola, je bila 24 let.

Za meritve smo uporabili novo napravo s senzorji za merjenje lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha in EMG elektrode za enkratno uporabo, ki so bile nameščene v skladu s priporočili SENIAM in raziskavami s področja merjenja EMG signala abdominalnih mišic.

Z meritvami smo ugotovili zelo veliko povezanost med pritiskom v trebušni votlini in velikostjo aktivacije prečne trebušne mišice (povprečno $R = 0,979$). Raziskava je pokazala, da so spremembe v velikosti lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha omogočajo dobro relativno oceno velikosti aktivacije mišice *transversus abdominis* in s tem posredno tudi pritiska v trebušni votlini.

Key words: EMG, *m. transversus abdominis*, resistance measuring device, force, connection

THE CONNECTION BETWEEN THE EMG SIGNAL AMPLITUDE OF THE TRANSVERSAL ABDOMINAL MUSCLE AND THE FORCE AMPLITUDE OF THE DEVICE FOR MEASURING THE LATERAL FORCE IN THE OUTER ABDOMINAL QUADRANT

Mojca Oven

ABSTRACT

The intra-abdominal pressure is closely connected to the activation amplitude of the transverse abdominal muscle (*m. transversus abdominis*). Since many subjects, especially the elderly, have a lot of subcutaneous fat where the EMG signal is measured (*m. transversus abdominis*), it is impossible to measure the EMG signal reliably. The intra-abdominal pressure increases the rigidity of the entire abdominal system, which is why we presume that by increasing the intra-abdominal pressure, the lateral force in the outer abdominal quadrant will increase as well. The objective of this thesis is therefore to determine the connection between the lateral force in the outer abdominal quadrant and the EMG signal of the *m. transversus abdominis*.

The research included 17 subjects, who were randomly selected for testing. The average age of the subjects, both male and female, was 24 years.

The measurements has been done with a new device equipped with sensors for measuring the lateral force in the outer abdominal quadrant and with single-use EMG electrodes that was placed according to SENIAM recommendations and research in the field of measuring the EMG signal of the abdominal muscles.

The research confirmed our hypothesis that amplitude changes of the lateral force in the outer abdominal quadrant are connected to the amplitude changes of the EMG signal of the *transversus abdominis* muscle (average $R = 0,979$). Therefore, lateral force in the outer abdominal quadrant enables good assessment of relative activation of *m. transversus abdominis* and consequently the intra-abdominal pressure.

KAZALO

1. Uvod	6
1.1. Cilji in hipoteze	7
2. Metode raziskovanja	8
a) Preizkušanci.....	8
b) Pripomočki.....	8
Analiza parametrov navora in EMG.....	9
c) Postopek.....	9
2.1. Statistična analiza.....	10
3. Rezultati in razprava.....	11
3.1. Analiza rezultatov.....	12
4. Sklep	16
5. Viri.....	17

Kazalo slik

Slika 1. Mišice trebušne stene.....	6
Slika 2: Digitalna fotografija namestitve elektrod med raziskavo.....	8
Slika 3. Naprava za merjenje lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha (osebni arhiv).....	8
Slika 4. Prikaz obdelave podatkov	10
Slika 5. Korelacija med signalom lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice <i>transversus abdominis</i>.	12
Slika 6. Korelacija med signalom lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice <i>transversus abdominis</i>.	12
Slika 7. Korelacija med signalom lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice <i>transversus abdominis</i>.	13
Slika 8. Korelacija med signalom lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice <i>transversus abdominis</i> pri vseh merjenjih hkrati.....	14

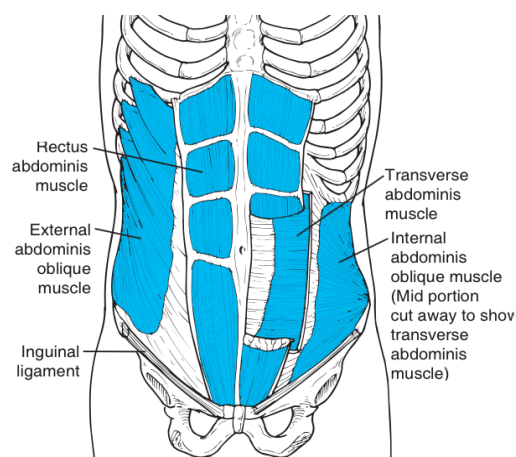
Kazalo tabel

Tabela 1: Korelacijski koeficienti ter naklon regresijske krivulje pri posameznih merjenjih	11
Tabela 2: Najvišji, najnižji in srednji korelacijski koeficient ter standardni odklon.	14

1. Uvod

Stabilizacija ledvenega dela hrbtenice je tesno povezana z mišično aktivacijo (McGill in Sharratt, 1996). Pri tem so posebej zanimive tiste mišice, ki so povezane s pritiskom v trebušni votlini in kontrolo ledvenega dela hrbtenice. Za učinkovito stabilizacijo ledvenega dela hrbtenice ni dovolj le, da se mišice aktivirajo, temveč je pomemben tudi časovni potek aktivacije. Pred aktivnostjo (lokomocijo, manipulacijo), ki je povezana z obremenitvijo hrbtenice, se najprej aktivirajo mišice, ki stabilizirajo hrbtenico, in šele temu sledi akcija (Keller et al., 2004).

Trebušne mišice so razpete med prsnim košem in medenico ter oblikujejo stene abdominalne (trebušne) votline. Omogočajo nam gibe, kot so upogib hrbtenice, stranski upogib hrbtenice in rotacija oz. sukanje hrbtenice. Skupaj s trebušno prepono in nekaterimi medrebrnimi mišicami pa vplivajo tudi na velikost znotrajtrebušnega pritiska trebušne votline. Mišice trebušne stene se glede na funkcije delijo na pet različnih mišic: *m. rectus abdominus*, *m. obliquus externus abdominus*, *m. internus abdominis*, *m. transversus abdominis*, *m. quadratus lumborum*, diafragma. Glavno vlogo pri povečanju znotrajtrebušnega pritiska ima prečna trebušna mišica (*m. transversus abdominis*) (Tenllado, 2010). Najprej moramo aktivirati mišice za stabilizacijo mišic ledvenega dela in šele potem izvesti akcijo.



Slika 1. Mišice trebušne stene

Prečna trebušna mišica (*m. transversus abdominis*)

Prečna trebušna mišica izvira iz ingvinalnega ligamenta, črevničnega grebena, lumbodorzalne fascie in hrustancev zadnjih šestih reber. Narašča pa se na ovojnico preme trebušne mišice. *M. transversus abdominis* je prva mišica trebušne stene, ki se rekrutira pri hitrih gibih trupa majhnih amplitud ter pri gibih okončin. (Chapman in sod., 1999)

Norris, 1995 (povzeto po: Chapman in sod., 1999) je opazil, da je bila med izometričnim iztegom trupa *m. transversus abdominis* edina mišica trebušne stene, ki je bila opazno aktivna. Poleg tega pa navaja to mišico kot najbolj odločilno pri ustvarjanju znotrajtrebušnega pritiska, ki omogoči večjo stabilnost hrbtenice.

M. transversus abdominis je ključen stabilizator ledvenega dela hrbtenice. *M. transversus abdominis* koordinira dihanje skupaj s trebušno prepono in se drugače obnaša kot ostale trebušne mišice. *M. transversus* in *m. obliquus internus abdominis* sta edini mišici, ki imata povezavo s sprednjim delom trupa in hrbtenico. (Chapman in sod., 1999)

Direktno merjenje znotrajtrebušnega pritiska je invazivno in ga ni mogoče izvajati pri rutinskih meritvah, zato, če se le da, uporabljamo nadomestne neinvazivne meritve. Ena od možnosti je uporaba EMG signala na mišici *transversus abdominis*, saj je njena aktivacija tesno povezana z velikostjo znotrajabdominalnega pritiska. Vendar ima veliko merjencev,

zlasti starejših oseb, na mestu merjenja EMG signala (*m. transversus abdominis*) večjo količino podkožne tolšče, kar onemogoča zanesljive meritve EMG signala.

V raziskavi bomo opravljali EMG meritve na mišici *transversus abdominis* in lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha. Merjenci bodo izvedli dvigovanje predmeta v predročenu, pri čemer bomo spremljali aktivacijo mišice *transversus abdominis* in lateralno silo v predelu zunanjega kvadranta trebuha. Mišično aktivacijo bomo spremljali pri splošni nalogi »akcije« (testiranec 3 sekunde postopno izometrično napenja do maksimalne moči, zadrži 3 sekunde in spet postopno spušča).

Predmet diplomske naloge bo proučevanje nove naprave za merjenje lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha in signala aktivacije mišic, povezanih s stabilizacijo ledvenega dela hrbtenice. Problem je ugotoviti, ali prihaja do enakega signala v vzorcu aktivacije pri nalogah manipulacij z rokami pri signalu amplitude nove naprave in amplitudi EMG signalov.

1.1. Cilji in hipoteze

Cilj je verifikacija nove naprave za merjenje lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha.

H1: Spremembe v velikosti lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha bodo enake spremembam v velikosti EMG signala mišice *transversus abdominis*.

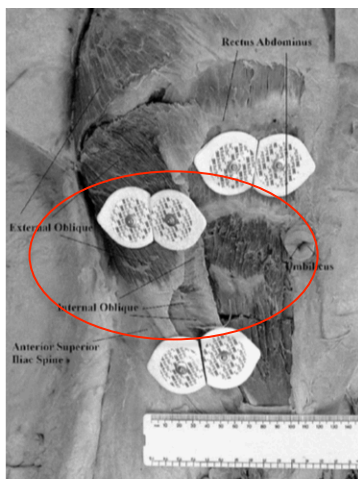
2. Metode raziskovanja

a) Preizkušanci

V raziskavo je bilo vključenih 17 posameznikov, naključno izbranih za testiranje. Povprečna starost preizkušancev je 24 let. Stari so od 20 do 35 let, ženskega in moškega spola.

b) Pripomočki

Za meritve smo uporabili novo napravo s senzorji za merjenje lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha in EMG elektrode za enkratno uporabo, ki so bile nameščene v skladu s priporočili SENIAM in raziskavami s področja merjenja EMG signala abdominalnih mišic (Marshall & Murphy, 2003). Za zajemanje EMG signalov smo uporabili sistem PowerLab (ADInstruments, Bella Vista, Avstralija). Signale smo zajemali s frekvenco 2000 Hz in shranjevali v računalnik s pomočjo 16-bitnega AD pretvornika (National Instruments, Austin, ZDA).



Na Sliki 2 vidimo postavitev elektrod, ki je bila uporabljena med raziskavo. *Transversus abdominis/Internal oblique* – 2 cm medialno od *anterior superior iliac spine* in 12 cm lateralno od popka.

Na Sliki 2 je prikazana naprava, ki smo jo uporabili pri vseh merjenjih za merjenje lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha.

Slika 2: Digitalna fotografija namestitve elektrod med raziskavo.

Naprava za merjenje lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha je zasnovana v obliki črke »u«, tuji pritisk na lateralna rogova raztegne vmesni člen. Na njem so prilepljeni uporovni lističi, ki merijo velikost sile v vmesnem členu. Naprava je domače konstrukcije.



Slika 3. Naprava za merjenje lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha (osebni arhiv)

Analiza parametrov navora in EMG

- Signal sile (senzor okoli trebuha): signal sile smo pogladili s trikotnim oknom (Bartlett) s širino 201 točke. Signal sile smo izrazili tudi relativno glede na posameznikovo maksimalno vrednost v izbranem časovnem intervalu.
- Amplituda EMG signala: EMG signal smo najprej pogladili s filtrom, prepustnim za visoke frekvence, mejna vrednost 10 Hz, ter nato obrnili in pogladili s trikotnim oknom (Bartlett) s širino 1001 točke. Signal sile smo izrazili tudi relativno glede na posameznikovo maksimalno vrednost v izbranem časovnem intervalu.
- Časovni interval signala sile okoli trebuha in signala EMG je bil izbran glede na vzpon sile (ramp) vleke v predročenu, in sicer celotno obdobje vzpenjanja sile od 0 do 100 %, izraženo relativno. Omenjeni časovni intervali so bili v trajanju od 2,0 s do 3,5 s.

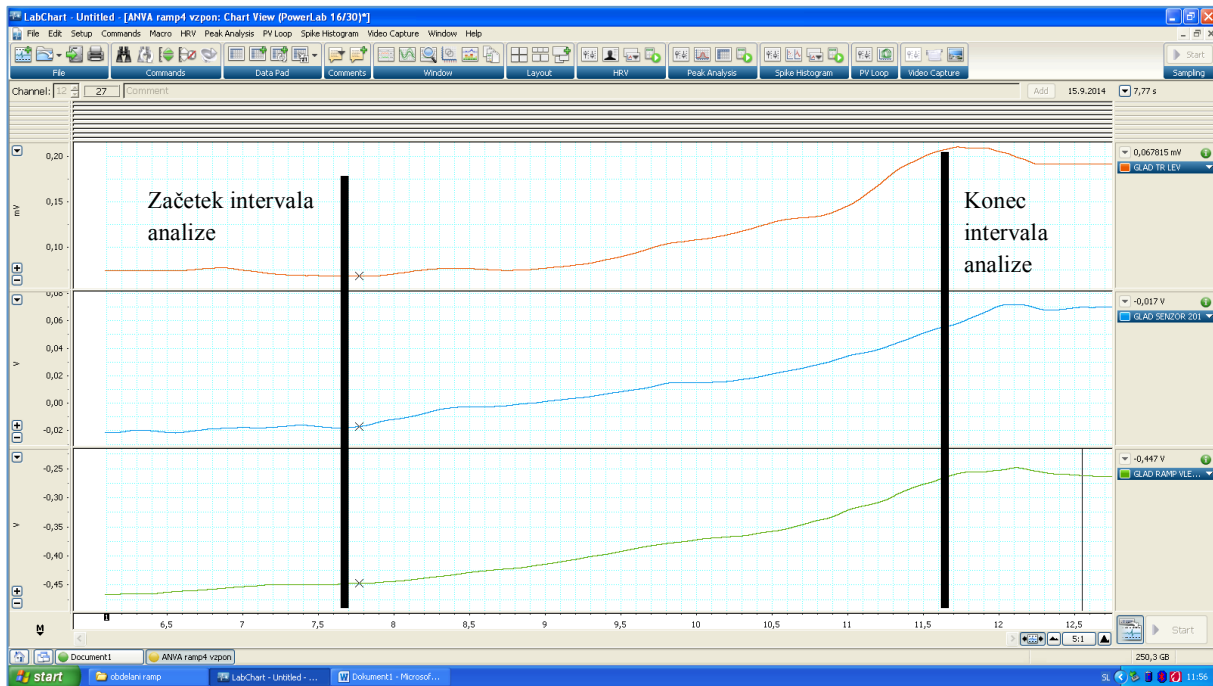
c) Postopek

Meritve smo izvajali v Laboratoriju za kineziologijo na Fakulteti za šport v Ljubljani v dveh fazah. Merjenci so bili predhodno seznanjeni s testnimi nalogami in merilnimi postopki meritev.

Meritve EMG

Meritve EMG so bile izvedene na *m. transversus abdominis (TrA)*. Po ustrezni pripravi kože (britje, odstranjevanje odmrle povrhnjice, čiščenje z alkoholom) smo na površino mišic TrA namestili par elektrod (Ag/AgCl, Kendall ARBO, Tyco, Neustadt, Nemčija) premera 15 mm in z medelektrodno razdaljo 25 mm. Pri merjencih smo namestili elektrode na levo in desno stran. V končno obdelavo smo vključili EMG signal, ki je imel manj šuma, in sicer pri 7 merjencih z leve in pri 10 z desne strani.

Rezultati so opisani in grafično prikazani z vsemi točkovnimi podatki meritev za vsako osebo posebej. Na skupnem prikazu vseh merjencev pa smo od vsakega posameznika vzeli le 20 časovnih točk EMG signala in sile upornice.



Slika 4. Prikaz obdelave podatkov

Na sliki 4 je prikazana obdelava podatkov. Označen je začetek in konec intervala analize, časovna razdalja med začetkom in koncem intervala je razdeljena na 20 točk. Oranžna črta prikazuje poglajen EMG signal *m. transversus abdominis*, modra poglajen signal senzorja za merjenje lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha, zelena pa poglajen vzpon sile (ramp) vleke.

Podatke smo izrazili absolutno najvišji, najnižji in srednji korelacijski koeficient z vsemi točkovnimi podatki.

Za skupne statistične izračune smo izrazili relativne vrednosti in za vsakega posameznika vzeli le 20 časovnih točk.

2.1. Statistična analiza

Za statistično analizo smo uporabili program *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). Izračunane so bile najnižja, najvišja, srednja vrednost in standardni odklon porazdelitve vrednosti posameznih analiziranih spremenljivk. Za računanje povezanosti med silo senzorja in velikostjo EMG signala je bila uporabljena regresijska analiza. Velikost napake alfa je bila 5% pri obojestranskem testiranju.

3. Rezultati in razprava

Z meritvami smo ugotovili zelo veliko povezanost med EMG signalom in signalom nove naprave za merjenje lateralne sile, in sicer je bil povprečni korelacijski koeficient $R = 0,979$. Korelacije med signalom lateralne sile v predelu zunanega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice *transversus abdominis* so od $R = 0,946$ do $R = 0,991$ (glej Tabela 1).

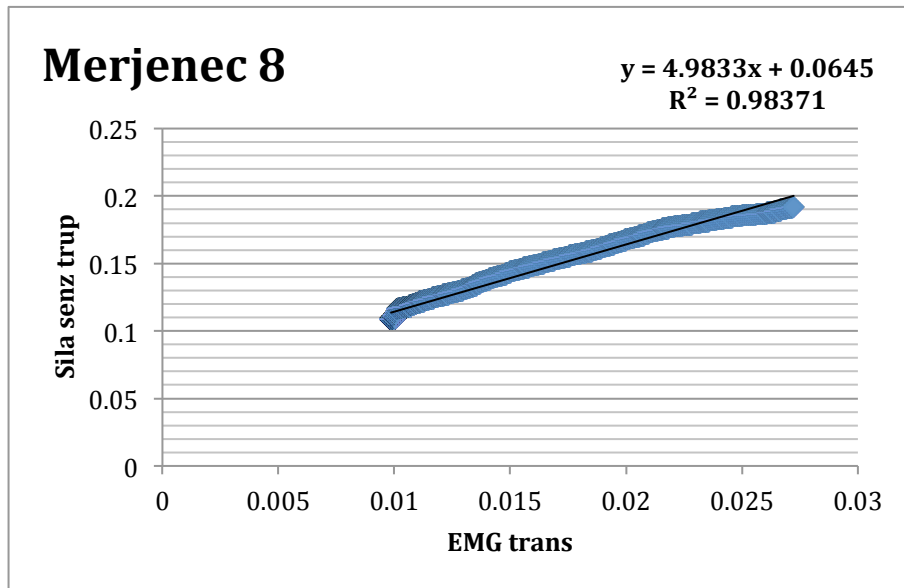
Tabela 1: Korelacijski koeficienti ter naklon regresijske krivulje pri posameznih merjencih

Merjenec	R^2	R	Naklon krivulje
1.	0,97309	0,98641	5,771
2.	0,9655	0,98260	1,2403
3.	0,94556	0,97237	5,1298
4.	0,97021	0,98499	3,9679
5.	0,97145	0,98560	0,4386
6.	0,97607	0,98793	1,7784
7.	0,9474	0,97334	0,3523
8.	0,98371	0,99182	4,9833
9.	0,95126	0,97529	0,1692
10.	0,8953	0,94620	1,5163
11.	0,96265	0,98112	0,4345
12.	0,93696	0,96794	0,8052
13.	0,97997	0,98990	4,8791
14.	0,9613	0,98046	2,9006
15.	0,95037	0,97483	0,8609
16.	0,97938	0,98960	0,4822
17.	0,95659	0,97801	0,9341

V Tabeli 1 so prikazani korelacijski koeficienti vseh merjencev ter naklon krivulje pri posameznih merjencih.

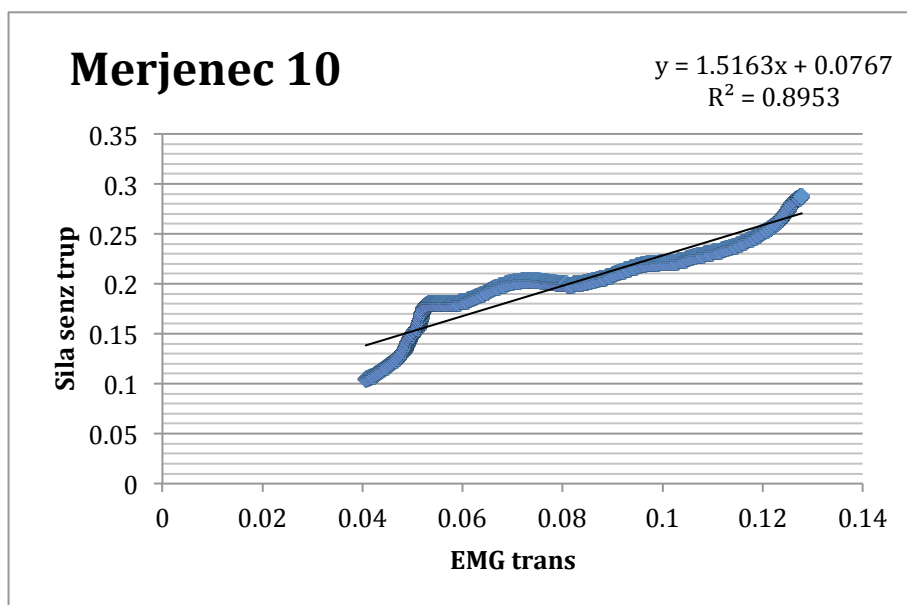
3.1. Analiza rezultatov

Z grafom sem predstavila rezultate merjenecv, ki so dosegli najvišji, najnižji in srednji korelacijski koeficient, ter sliko z vsemi merjenci hkrati.



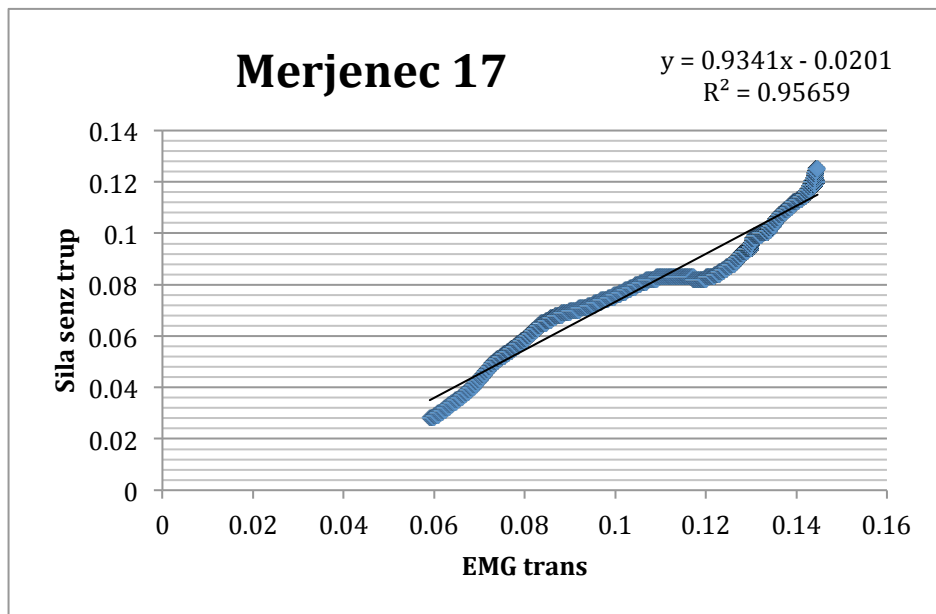
Slika 5. Korelacija med signalom lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice *transversus abdominis*.

Na Sliki 5 vidimo najvišjo korelacijo med signalom lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice *transversus abdominis* $R^2 = 0,98371$ pri merjencu št. 8.



Slika 6. Korelacija med signalom lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice *transversus abdominis*.

Na Sliki 6 vidimo najnižjo korelacijo med signalom lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice *transversus abdominis* $R^2 = 0,8953$ pri merjencu št. 10.



Slika 7. Korelacija med signalom lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice *transversus abdominis*.

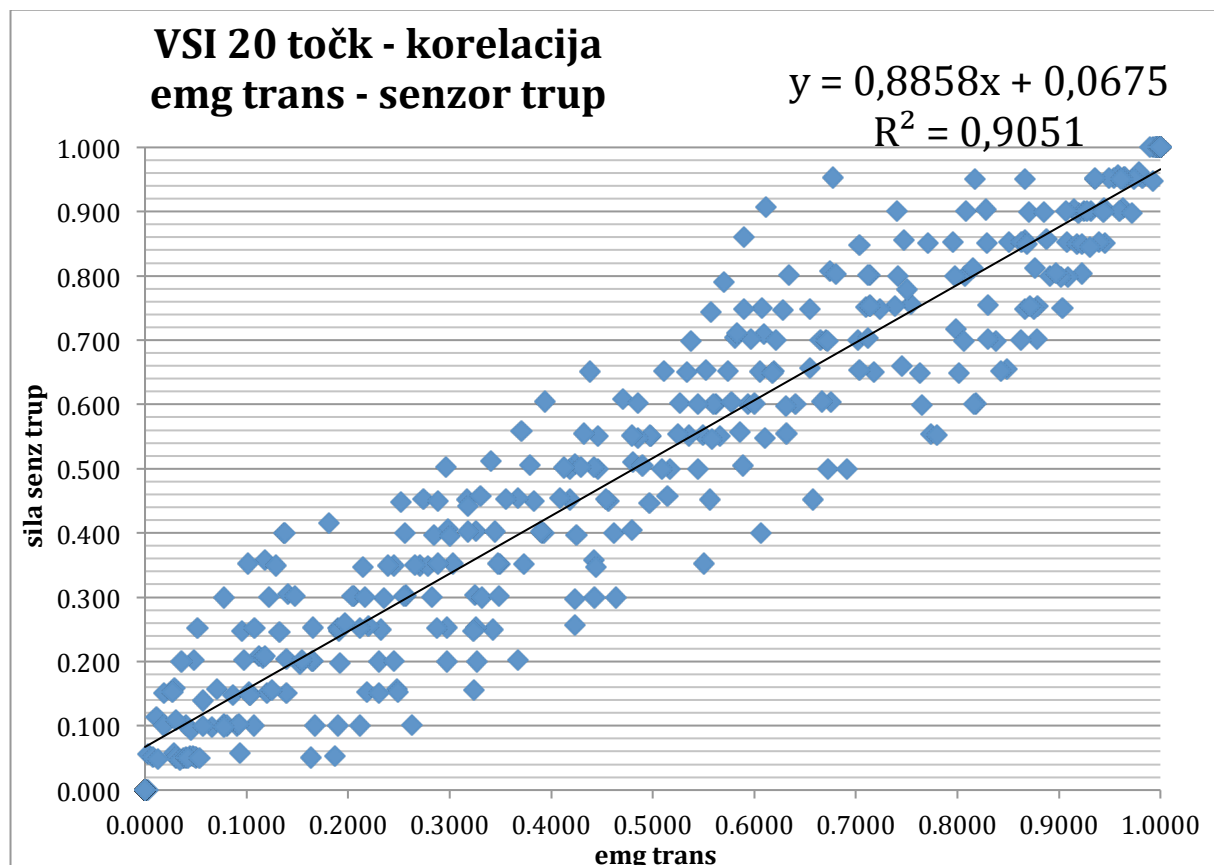
Na Sliki 7 vidimo srednjo vrednost korelacije med signalom lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice *transversus abdominis* $R^2 = 0,95659$ pri merjencu št. 17.

Velikost povezanosti med EMG signalom in signalom sile je odvisna od odstopanja oblike krivulje povezanosti od linearnega trenda. Izmerjena krivulja ima pri vseh merjencih podobno obliko, to je narobe obrnjena velika črka S. V prvi in zadnji tretjini krivulje sila hitreje narašča kot EMG signal, v srednji tretjini pa je trend obraten. Glede na velikost povezanosti so ta odstopanja dokaj majhna.

Tabela 2: Najvišji, najnižji in srednji korelacijski koeficient ter standardni odklon.

	N	Najnižji	Najvišji	Srednji	Standardni odklon
R ²	17	0,8953	0,9837	0,959176	0,213437
R	17	0,9462	0,9918	0,979317	0,109921
Naklon krivulje		0,1692	5,771	2,1555	1,9915

V Tabeli 2 so prikazane vrednosti najvišjega, najnižjega in srednjega korelacijskega koeficienta ter standardnega odklona. Rezultati kažejo vrednosti korelacijskih koeficientov ter naklon krivulje pri posameznih merjenjih.



Slika 8. Korelacija med signalom lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha in EMG signalom mišice *transversus abdominis* pri vseh merjenjih hkrati.

Na Sliki 8 je prikazana skupna korelacija vseh merjenjcev $R^2 = 0,9051$, kjer smo za vsakega posameznika vzeli 20 časovnih točk. Skupna povezanost je nekoliko nižja kot pa povprečna povezanost pri posameznih merjenjih ($R^2 = 0,9591$).

Rezultat potrjuje, da obstajajo med signalom senzorja lateralne sile in EMG signalom visoko statistično značilne povezave pri vseh merjenjih ($p < ,001$) in da je standardni odklon napake z oceno 0,091 majhen. Iz tega sklepamo, da nova naprava za merjenje lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha omogoča dobro oceno relativne velikosti EMG signala *m. transversus abdominis* in posredno relativnega pritiska v trebušni votlini.

Za teorijo je pomembna potrditev povezanosti med EMG signalom *m. transversus abdominis* in signalom naprave za merjenje sile v lateralnem predelu zunanjšega kvadranta trebuha, da je pritisk v trebušni votlini povezan z aktivacijo *m. transversus abdominis*.

V praksi to pomeni, da lahko za grobo oceno pritiska v trebušni votlini uporabimo merjenje lateralne sile v predelu zunanjšega kvadranta trebuha. Prednost te metode je, da je merilna naprava lahka in prenosna, meritve z njo pa neinvazivne, enostavne in neboleče. Takšno merjenje bo lažje, cenejše in dostopnejše tudi po poškodbah. Nova naprava pomeni tudi rešitev pri zlasti starejših osebah in prekomerno težkih osebah, ki imajo na mestu merjenja EMG signala (*m. transversus abdominis*) večjo količino podkožne tolšče.

4. Sklep

Predmet diplomske naloge je bil opraviti primerjavo med signalom naprave za merjenje lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha in velikostjo EMG signala mišice *transversus abdominis*, ki je povezan s pritiskom v trebušni votlini. Ker je meritev pritiska v trebušni votlini invazivna in neprijetna, neinvazivno merjenje EMG signala *m. transversus abdominis* pri osebah z večjo količino podkožne tolšče pa praktično neizvedljivo, bi enostavna meritev, ki povezuje tako pritisk v trebušni votlini kot velikost aktivacije *m. transversus abdominis*, omogočila oceno pritiska v trebušni votlini pri teh osebah. Problem naloge je bil ugotoviti, ali bodo spremembe v velikosti lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha enake spremembam v velikosti EMG signala mišice *transversus abdominis*.

V raziskavi smo opravljali EMG meritve na mišici *transversus abdominis* in meritve lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha. Naprava za merjenje lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha je domače konstrukcije, zasnovana v obliki črke »u«. Tuji pritisk na lateralna rogova raztegne vmesni člen, na katerem so prilepljeni uporovni lističi, ki merijo velikost sile v vmesnem členu. Meritve so bile opravljene na 17 preizkušancih povprečne starosti 24 let. Merjenci so izvedli dvigovanje predmeta v predročenu, pri čemer smo spremljali aktivacijo mišice *transversus abdominis* in lateralno silo v predelu zunanjega kvadranta trebuha. Mišično aktivacijo smo spremljali pri splošni nalogi »akcije« (testiranec 3 sekunde postopno izometrično npenja do maksimalne moči, zadrži 3 sekunde in spet postopno spušča).

Časovni interval signala navora okoli trebuha in signala EMG je bil izbran glede na vzpon sile (ramp) vleke v predročenu, in sicer celotno obdobje vzpenjanja sile od 0 do 100 % izraženo relativno. Omenjeni časovni intervali so bili v trajanju od 2,0 s do 3,5 s.

Pri raziskavi smo se omejili samo na površinski EMG. Njegova pomanjkljivost je problematična pozicija EMG elektrod, saj se prav pri mišici *m. transversus abdominis* lahko zgodi, da pride do prisluha in nevede spremljamo drugo mišico. Natančnejše podatke bi dobili z direktnim merjenjem znotrajtrebušnega pritiska z invazivno igelno metodo.

Na zanesljivost oziroma možnost posploševanja rezultatov vpliva tudi velikost vzorca merjencev. Glede na vzpon sile (ramp) vleke v predročenu bi bilo bolje, da bi bilo celotno obdobje vzpenjanja in razvijanja sile še bolj postopno in v daljšem časovnem intervalu, merjenci pa bi bili pri razvijanju sile vodeni s povratno informacijo.

Raziskava je na podlagi zbranih rezultatov potrdila hipotezo, da bodo spremembe v velikosti lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha podobne spremembam v velikosti EMG signala mišice *transversus abdominis*. Z meritvami smo zaznali zelo veliko povezanost, povprečno $R = 0,979$, kar potrjuje, da nova naprava za merjenje lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha omogoča enostavno, hitro in neinvazivno oceno aktivacije *m. transversus abdominis* tudi brez uporabe EMG signala. To dokazuje oziroma potrjuje tudi standardni odklon napake z oceno 0,091. Nova naprava pomeni tudi rešitev pri zlasti starejših osebah, ki imajo na mestu merjenja EMG signala (*m. transversus abdominis*) večjo količino podkožne tolšče, zaradi česar so zanesljive meritve EMG signala onemogočene. V praktičnem smislu rezultati naloge kažejo, da je z napravo za merjenje lateralne sile v predelu zunanjega kvadranta trebuha mogoče oceniti tudi pritisk v trebušni votlini.

5. Viri

- Arjmand, N., Shirazi-Adl A., (2005). Role of intra-abdominal pressure in the unloading and stabilization of the human spine during static lifting tasks. *Eur Spine*,15(8): 1265–1275.
- Chapman, S.A., & DeFranca, C.L. (1999). Rehabilitation of the low back pain patient. V J.M. Cox (Ur.), *Low Back Pain. Mechanism, diagnosis and treatment (Sixth Edition)* (str. 653–678). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Cresswell, A.G., Grundström. H. In Thorstensson. A. (1992). Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intra-muscular activity in man. *Acta Physiologica Scandinavica* ,144(4), 409–418.
- Keller, A., Brox, J. I., Gunderson, R., Holm, I., Friis, A., & Reikerås, O. (2004). Trunk muscle strength, cross-sectional area, and density in patients with chronic low back pain randomized to lumbar fusion or cognitive intervention and exercises. *Spine*, 29(1), 3–8.
- Munoz Tenllado, A. (2010). *Anatomski atlas - vodnik po človeškem telesu*. Ljubljana: Tehniška Založba Slovenije.
- McGill, S.M, in Sharratt. M.T. (1990). Relationship between intra-abdominal pressure and trunk EMG; *Clin Biomech* 5, (2), 59–67
- Norris, C.M. (2002). *Back stability*. Champaign, IL: Human Kinetics.