

## **Biomehanska analiza mišice biceps brachii starejših oseb s tenziomiografijo**

Raja Dahmane

UNIVERZA V LJUBLJANI, Visoka šola za zdravstvo, Ljubljana

### **IZVLEČEK**

Namen raziskave je bil analizirati z neinvazivno tenziomiografijo biomehanske lastnosti (izmeriti kontrakcijski čas, Tc) mišice biceps brachii starejših oseb na dominantni strani in ugotoviti ali se s staranjem delež počasnih mišičnih vlaken (tip I) povečuje. V raziskavi je prostovoljno sodelovalo 13 moških, starih med 60 in 64 let ( $62,5 \pm 1,6$  let) in 12 žensk, starih med 60 in 66 let ( $63,4 \pm 2,1$  let). Povprečna vrednost izmerjenih vrednosti kontrakcijskega časa je bila pri moških  $36,9 \pm 5$  ms, pri ženskah pa  $35,5 \pm 5$  ms. Te vrednosti smo primerjali s podatki iz literature, ki se nanašajo na skupino 15 mlajših moških, starih med 17 in 40 let (kontrakcijski čas:  $28,9 \pm 4$  ms). Ugotovili smo, da med spoloma pri starejših osebah ni bilo statistično značilnih razlik, medtem ko so bili kontrakcijski časi starejših moških statistično značilno različni (daljši) od objavljenih podatkov mladih oseb. Na osnovi tenziomiografske analize biomehanskih lastnosti m. biceps brachii, statistično značilne povezave med Tc in odstotkom vlaken tipa I v mišici in ostalih podatkov iz strokovne literature sklepamo, da se s staranjem delež mišičnih vlaken tipa I v mišici poveča in da v tem pogledu med spoloma ni razlik.

### **IZHODIŠČA**

Človekovo preživetje je v največji meri odvisno od sposobnosti prilagajanja spreminjajočim se pogojem okolja. Večji del k tem prilagoditvam prispeva sposobnost gibanja, ki je v širšem smislu rezultat optimalnega delovanja različnih telesnih sistemov kot celote. Neposredni izvrševalec gibanja je mišični sistem, ki predstavlja 40 % telesne mase (1), njegova sposobnost prilagajanja pa se, tako kot to velja tudi za druge organske sisteme, skozi posamezna življenjska obdobja spreminja oziroma se s starostjo zmanjšuje (2). Vpliv procesa staranja na skeletno mišico se kaže skozi upadanje mišične mase, slabšanje lastnosti krčenja in zmanjšanje sile, ki jo je mišica sposobna proizvesti (3, 4). Pojavijo se tudi spremembe v deležu posameznih tipov vlaken v mišici. Osnovni temelj za razumevanje vplivov staranja in nastalih sprememb je natančno poznavanje zgradbe, sestave in delovanja zdrave odrasle mišice. Pri delovanju skeletnih mišic nas zanimajo njihove biomehanske lastnosti, sestava mišic glede posameznih tipov mišičnih vlaken, presnovni procesi, spremembe kot posledica vplivov notranjih in zunanjih dejavnikov, pri čemer si lahko pomagamo z vrsto uveljavljenih invazivnih in neinvazivnih merilnih metod, le te pa nosijo s seboj določene prednosti kot tudi pomanjkljivosti. Zato je pri obravnavi preiskovanca (preventivni kot kurativni), ki zahteva predhodno ovrednotenje lastnosti in delovanja mišic, izrednega pomena poznavanje in razumevanje tudi novejših merilnih metod, ki lahko z novim pristopom presežejo posamezne pomanjkljivosti predhodnih (5, 6).

Pred leti so na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani razvili merilno metodo imenovano tenziomiografija (TMG), ki omogoča merjenje biomehanskih lastnosti površinsko ležečih skeletnih mišic. Ta metoda temelji na merjenju radialnega odmika trebuha mišice, kot odziva na nadprazni dražljaj znane vrednosti, v odvisnosti od časa. Tenziomiografska merilna metoda je neinvazivna, selektivna, univerzalna, občutljiva, ponovljiva in preprosta. Ugotovljena je bila povezava med parametri, izmerjenimi s tenziomiografijo, in deležem počasnih mišičnih vlaken v mišici, dokazana s histokemično analizo mišičnega tkiva. Prav tako je bilo ugotovljeno, da je povezava med velikostjo radialnega odmika trebuha mišice in mišično silo linearna (5, 6, 7).

Namen naše raziskave je z neinvazivno tenziomiografsko metodo izmeriti in ovrednotiti kontraktilne lastnosti mišice biceps brachii na dominantni strani pri skupini moških in skupini žensk starih 60 let in več;

Na osnovi izmerjenih biomehanskih parametrov in obstoječih podatkov tenziomiografskih meritev pri mlajših osebah moškega spola iz strokovne literature (5) ugotoviti ali obstaja statistično značilna razlika biomehanskih parametrov (čas kontrakcije  $T_c$ ) med preiskovanima skupinama starostnikov (med spoloma); preiskovano skupino starostnikov moškega spola in podatki iz literature.

Na osnovi podatkov histokemične analize deležev posameznih vlaken v mišici, dobljenih iz strokovne literature, in rezultatov opravljenih tenziomiografskih meritev ugotoviti ali se s staranjem delež hitrih (tip II) in počasnih (tip I) mišičnih vlaken poveča v prid slednjih.

## **MATERIAL IN METODE DELA**

### **Preiskovane osebe**

Pri izvedbi meritev je prostovoljno sodelovalo 25 zdravih starostnikov starih 60 let in več, razdeljenih v dve skupini. Prvo preiskovano skupino je sestavljalo 13 oseb moškega spola, starih med 60 in 64 let ( $62,5 \pm 1,6$  let), drugo pa 12 oseb ženskega spola, starih med 60 in 66 let ( $63,4 \pm 2,1$  let). Nobeno od teh oseb v preteklosti ni prizadela kakršnakoli oblika živčno-mišičnih bolezni, kot tudi ne poškodbe skeletno-mišičnega sistema, ki bi povzročile trajne posledice. Te osebe živijo aktivno življenje in se v toku svojega vsakdanjika precej gibljejo.

Preiskovane osebe so bile seznanjene z osnovnim principom delovanja tenziomiografske metode, potekom in namenom meritev. Predhodno so dobile navodilo, naj se pred izvedbo meritev izogibajo večjim telesnim naporom oziroma utrujanju mišic. Preiskovane osebe so pisno pristale k sodelovanju, izvedbo meritev pa je odobrila Državna komisija za medicinsko etiko. Izvedba meritev je potekala v dopoldanskem času v prostorih podjetja TMG - BMC d.o.o., v sodelovanju z njihovimi strokovnjaki in je trajala pet dni.

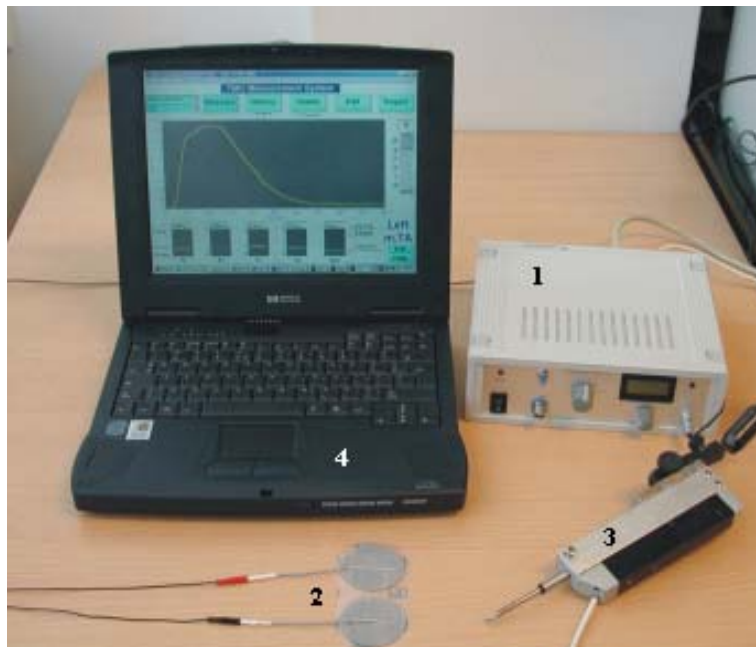
### **Merilna metoda (TMG)**

Merilna metoda, ki je bila uporabljena za merjenje in ovrednotenje biomehanskih lastnosti mišice, je bila tenziomiografija (TMG), ki temelji na merjenju radialnega odmika trebuha mišice med njenim krčenjem v odvisnosti od časa.

## Tenziomiografska oprema in njeno nameščanje

Opremo, ki je potrebna za izvedbo meritev, sestavljajo (6): nastavljiva merilna miza, tipalo odmika, stojalo za pritrnitev tipala, električni stimulator, površinske elektrode in sistem za zajemanje podatkov: osebni računalnik z ustrežno strojno in programsko opremo.

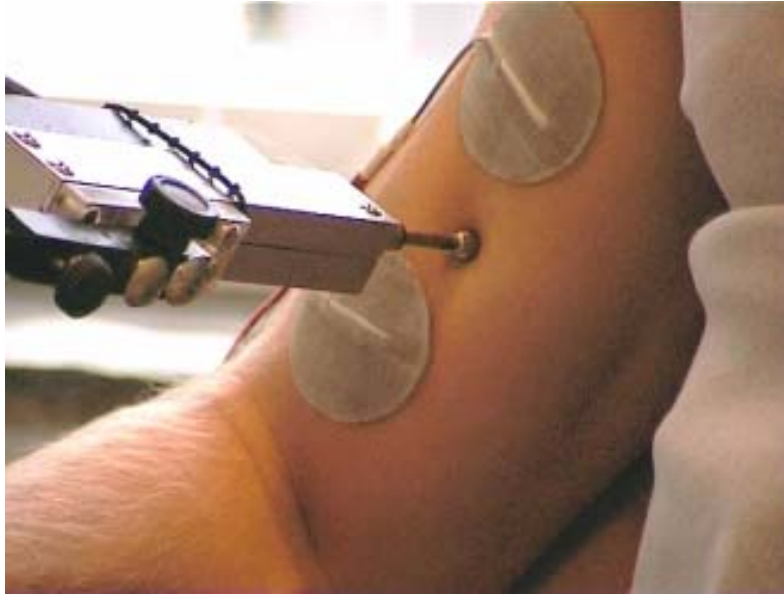
Del opreme je prikazan na sliki 1.



Slika 1: 1-električni stimulator, 2-samolepilni elektrodi, 3-tipalo, 4-osebni računalnik s programsko opremo za zajemanje in shranjevanje podatkov

Nastavljiva merilna miza omogoča udobno in natančno namestitev preiskovanca v ležeči ali sedeči položaj, odvisno od mišice, kateri želimo izmeriti biomehanske lastnosti. Preiskovana oseba se je čimbolj udobno namestila na merilno mizo v sedeči položaj, dominantni zgornji ud je bil abduciran (odmaknjen)  $30^\circ$  v ramenskem sklepu, flektiran (upognjen)  $90^\circ$  v komolčnem sklepu, podlaket pa je bila v popolni pronaciji (obrnjena v prav). Zaradi zagotavljanja izometričnih pogojev sta bili distalni del podlakti in ramenski obroč iz sprednje strani stabilizirani s trakovi.

Tipalo odmika trebuha mišice z nazivom Digitalni komparator, izdelan v podjetju RLS merilna tehnika d.o.o., je bilo pritrjeno na roko stojala in deluje na principu optične letve, katere dolžina znaša 42 mm z maksimalno hitrostjo odmika 1 m/s (6). Tipalo se namešča na kožo nad osrednjim delom mišice, pravokotno na tangencialno ravnino trebuha mišice v točki, ki predstavlja mesto največjega odmika (odebelitve) (6). Koračni motorček v tipalu pa zagotavlja vedno enak začetni pritisk na trebuh mišice (5). Namestitev tipala in stimulacijskih elektrod na mišici biceps brachii je prikazana na sliki 2.

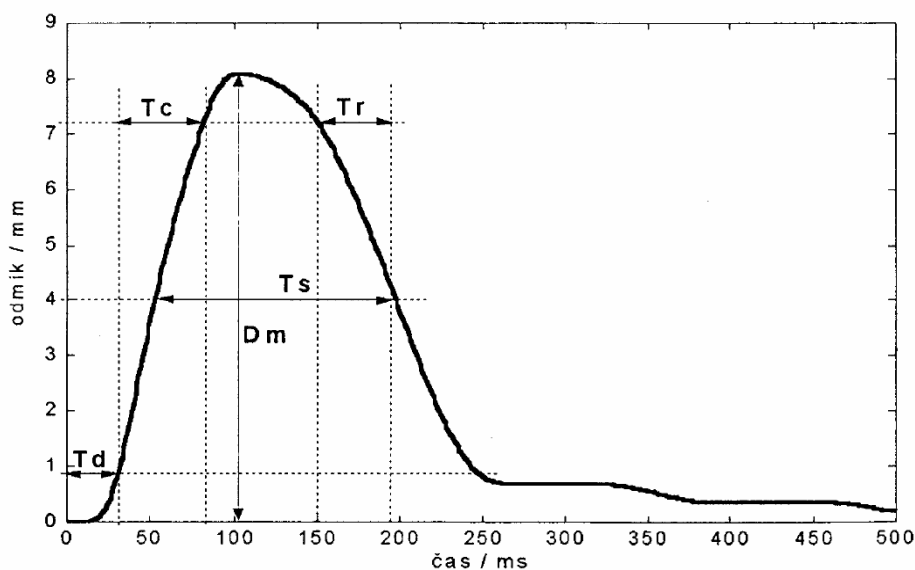


Slika 2: Namestitev tipala in stimulacijskih elektrod na mišici *biceps brachii*

Električni stimulator z nazivom TMG - S1, izdelan v podjetju EMF - Furlan & Co. d.o.o., generira monofazne dražljaje pravokotne oblike, širine 1 ms z napajalno napetostjo 12 V (akumulator) in izhodno jakostjo toka od 0 do 110 mA (6). Pri izvedbi meritev smo postopno večali izhodno jakost stimulacijskega toka v korakih od 5 do 10 mA, vse dokler se izmerjeni parametri niso več povečevali (največji odziv mišice). Pri vsaki preiskovani osebi je bila izvedena po ena meritev. Samolepilne površinske elektrode, okrogle oblike, premera 50 mm, so bile nameščene na ustrezni razdalji (50 mm) proksimalno (katoda) in distalno (anoda) od merilne točke (7, 8).

### Opis merjenih parametrov

Pri merjenju biomehanskih lastnosti mišice s tenziomiografsko metodo smo dobili posnetek, ki prikaže premikanje (odmikanje) trebuha mišice v radialni smeri (prečna deformacija mišice) v časovnem prostoru. To dogajanje v procesu krčenja mišice opisujejo naslednji parametri (9): maksimalni odmik ( $D_m$ ) trebuha mišice nam pove, koliko je z električnim dražljajem vzdružena mišica odrinila tipalo. Odvisnost odmika od časa je prikazana v grafu 1. Ugotovljeno je bilo, da je zveza med odmikom in silo ki pri tem nastane linearna (10). Čas zakasnitve ( $T_d$ ) je čas, ki je definiran od trenutka sproženja dražljaja do trenutka, ko odmik doseže 10 % največjega odmika trebuha mišice ( $D_m$ ). Čas kontrakcije ( $T_c$ ), imenovan tudi dvizni čas, je čas v poteku odmika med 10 % in 90 % največjega odmika. Merjenje  $T_c$  pri starejših osebah in primerjava s podatki iz strokovne literature (5) ter sklepanje o relativnem deležu mišičnih vlaken tipa I v *m. biceps brachii* pri starejši populaciji je predmet te naloge. Čas zadržka ( $T_s$ ) je čas, ko je mišica skrčena in je definiran od trenutka ko odmik trebuha doseže 50 %  $D_m$  do trenutka, ko pri sproščanju mišice spet doseže to vrednost. Čas sproščanja ( $T_r$ ) je čas vračanja trebuha mišice v začetni položaj (sproščeno stanje) in je definiran kot čas, ki poteče, ko se vrednost odmika zmanjša od 90 % na 50 %  $D_m$ .



Graf 1: Tipična tenziomiografska krivulja odziva mišice

### Statistična metoda

Medsebojno primerjavo povprečnih vrednosti kontrakcijskih časov med skupinami smo opravili z naslednjimi statističnimi testi (11,12). Test t za preskušanje domneve o razliki med povprečjema dveh majhnih neodvisnih vzorcev, pri tveganju  $p < 0,05$  in test F za preverjanje predpostavke o enakih variancah, ki je pogoj za uporabo omenjenega testa t.

### REZULTATI

Kontrakcijski časi ( $T_c$ ) mišice biceps brachii so prikazani v tabeli 1 (skupina moških) in v tabeli 2 (skupina žensk), kjer so podani preiskovančeva dominantna stran, starost, telesna višina, telesna masa, indeks telesne mase in kontrakcijski čas  $T_c$ .

Tabela 1: Rezultati meritev (skupina starejših moških)

MOŠKI Zap. št.	DOMINANTNA STRAN	STAROST (leta)	VIŠINA (cm)	MASA (kg)	ITM (kg/m <sup>2</sup> )	T <sub>c</sub> (ms)
1	desna	63	170	84	29,07	<b>31,83</b>
2	desna	64	177	95	30,32	<b>42,38</b>
3	desna	62	181	78	23,81	<b>41,33</b>
4	desna	60	178	82	25,88	<b>31,49</b>
5	desna	63	169	78	27,31	<b>42,60</b>
6	desna	60	180	80	24,69	<b>31,77</b>
7	desna	64	172	89	30,08	<b>41,99</b>
8	desna	60	165	75	27,55	<b>39,19</b>
9	desna	64	174	77	25,43	<b>30,56</b>
10	desna	63	182	96	28,98	<b>38,63</b>
11	desna	63	176	75	24,21	<b>38,90</b>
12	desna	62	175	77	25,14	<b>30,60</b>
13	desna	64	167	83	29,76	<b>38,11</b>
<b>povprečna vrednost kontrakcijskega časa (<math>\bar{x}_1</math>)</b>						<b>36,9</b>
<b>standardni odklon (<math>s_1</math>)</b>						<b>5</b>

Tabela 2: Rezultati meritev (skupina starejših žensk)

<b>ŽENSKÉ</b> <b>Zap. št.</b>	<b>DOMINANTNA</b> <b>STRAN</b>	<b>STAROST</b> <b>(leta)</b>	<b>VIŠINA</b> <b>(cm)</b>	<b>MASA</b> <b>(kg)</b>	<b>ITM</b> <b>(kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tc</b> <b>(ms)</b>
1	desna	65	165	80	29,38	<b>34,85</b>
2	desna	65	170	82	28,37	<b>37,81</b>
3	desna	66	153	52	22,21	<b>30,06</b>
4	desna	60	156	59	24,24	<b>36,47</b>
5	desna	61	152	72	31,16	<b>30,01</b>
6	desna	64	164	79	29,37	<b>42,66</b>
7	desna	65	161	71	27,39	<b>36,45</b>
8	leva	64	159	60	23,73	<b>30,36</b>
9	desna	65	167	81	29,04	<b>44,59</b>
10	desna	62	158	60	24,03	<b>30,47</b>
11	desna	64	160	68	26,56	<b>37,26</b>
12	desna	60	166	66	23,95	<b>35,35</b>
<b>povprečna vrednost kontrakcijskega časa (<math>\bar{x}_2</math>)</b>						<b>35,5</b>
<b>standardni odklon (<math>s_2</math>)</b>						<b>5</b>

### Primerjava povprečnih vrednosti kontrakcijskih časov

Primerjali smo povprečni vrednosti kontrakcijskih časov skupine starejših moških ( $\bar{x}_1$ ) in skupine starejših žensk ( $\bar{x}_2$ ) ter povprečno vrednost kontrakcijskih časov skupine starejših moških ( $\bar{x}_1$ ) s podatki iz strokovne literature (5), ki se nanašajo na povprečno vrednost kontrakcijskega časa skupine moških starih med 17 in 40 let ( $\bar{x}_p$ ). To smo naredili s preskušanjem domneve o razliki med povprečjema dveh majhnih neodvisnih vzorcev, s testom t (12,13) pri tveganju  $p < 0,05$ .

### Primerjava povprečnih vrednosti Tc med spoloma

Pogoj za preskušanje domneve o razliki med obema povprečjema ( $\bar{x}_1$  in  $\bar{x}_2$ ) dveh majhnih neodvisnih vzorcev (uporaba testa t) je potrditev predpostavke, da se varianci (kvadrat standardnega odklona) obeh vzorcev med sabo statistično značilno ne razlikujeta (11,12). Predpostavko o enakih variancah smo preverili s testom F.

$$F_{\text{izračunana}} = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{25}{25} = 1$$

$F_{\text{kritična}} = 2,79$ , kar smo dobili iz tabele D (11): Porazdelitev F (razmerja varianc); Kritične vrednosti pri tveganju  $p < 0,05$  in prostostnih stopnjah  $m_2 = 11$ ,  $m_1 = 12$ .

$F_{\text{kritična}} > F_{\text{izračunana}}$ , s čimer je potrjena domneva o enakih variancah. To nadalje pomeni, da lahko uporabimo test t.

- S testom t smo preskušali domnevo o razliki med  $\bar{x}_1$  in  $\bar{x}_2$  (11,12). Postavljeni domnevi se glasita:

**Ničelna domneva:** med povprečnima vrednostma meritev kontrakcijskih časov Tc (starejši moški -  $\bar{x}_1$ , starejše ženske -  $\bar{x}_2$ ) ni statistično značilnih razlik.

**Osnovna domneva:** povprečni vrednosti meritev kontrakcijskih časov Tc (starejši moški -  $\bar{x}_1$ , starejše ženske -  $\bar{x}_2$ ) se med seboj statistično značilno razlikujeta.

$$t_{\text{izračunan}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \cdot \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} = \mathbf{0,70}, \text{ pri čemer je } s \text{ skupni standardni odklon, izračunan}$$

$$\text{na naslednji način (13): } s = \sqrt{\frac{(N_1 - 1) \cdot s_1^2 + (N_2 - 1) \cdot s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

$t_{\text{kritičen}} = \mathbf{2,07}$ , kar smo dobili iz tabele B (12): Kritične vrednosti t pri dvosmernem testu ob tveganju p in pri m prostostnih stopnjah ( $p < 0,05$ ,  $m = N_1 + N_2 - 2 = 23$ ).

$t_{\text{izračunan}} < t_{\text{kritičen}}$ , s čimer je ovržena osnovna oziroma potrjena ničelna domneva, da med povprečnima vrednostma meritev kontrakcijskih časov Tc (starejši moški -  $\bar{x}_1$ , starejše ženske -  $\bar{x}_2$ ) ni statistično značilnih razlik.

### Primerjava povprečnih vrednosti Tc starejših moških s podatki iz literature

Podatki iz literature (5) se nanašajo na skupino 15 mlajših moških ( $N_p$ ), starih med 17 in 40 let, kjer povprečna vrednost kontrakcijskega časa ( $\bar{x}_p$ ) znaša 28,9 ms, standardni odklon ( $s_p$ ) pa je 4.

- Pogoj za preskušanje domneve o razliki med obema povprečjema ( $\bar{x}_1$  in  $\bar{x}_p$ ) dveh majhnih neodvisnih vzorcev (uporaba testa t) je potrditev predpostavke, da se varianci (kvadrat standardnega odklona) obeh vzorcev med sabo statistično značilno ne razlikujeta (12,13). Predpostavko o enakih variancah smo preverili s testom F.

$$F_{\text{izračunana}} = \frac{s_1^2}{s_p^2} = \frac{25}{16} = \mathbf{1,56}$$

$F_{\text{kritična}} = \mathbf{2,53}$ , kar smo dobili iz tabele D (11): Porazdelitev F (razmerja varianc); Kritične vrednosti pri tveganju  $p < 0,05$  in prostostnih stopnjah  $m_p = 14$ ,  $m_1 = 12$ .

$F_{\text{kritična}} > F_{\text{izračunana}}$ , s čimer je potrjena domneva o enakih variancah. To nadalje pomeni, da lahko uporabimo test t.

- S testom t smo preskušali domnevo o razliki med  $\bar{x}_1$  in  $\bar{x}_p$ . Postavljeni domnevi se glasita:

**Ničelna domneva:** med povprečnima vrednostma meritev kontrakcijskih časov Tc (starejši moški -  $\bar{x}_1$ , mlajši moški -  $\bar{x}_p$ ) ni statistično značilnih razlik.

**Osnovna domneva:** povprečni vrednosti meritev kontrakcijskih časov Tc (starejši moški -  $\bar{x}_1$ , mlajši moški -  $\bar{x}_p$ ) se med seboj statistično značilno razlikujeta.

$$t_{\text{izračunan}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_p}{s \cdot \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_p}}} = \mathbf{4,69}, \text{ pri čemer je } s \text{ skupni standardni odklon, izračunan}$$

$$\text{na naslednji način (13): } s = \sqrt{\frac{(N_1 - 1) \cdot s_1^2 + (N_p - 1) \cdot s_p^2}{N_1 + N_p - 2}}$$

$t_{\text{kritičen}} = \mathbf{2,06}$ , kar smo dobili iz tabele B (11): Kritične vrednosti t pri dvosmernem testu ob tveganju p in pri m prostostnih stopnjah ( $p < 0,05$ ,  $m = N_1 + N_p - 2 = 26$ ).

$t_{izračunan} > t_{kritičen}$ , s čimer je potrjena osnovna domneva, da se povprečni vrednosti meritev kontrakcijskih časov  $T_c$  (starejši moški -  $\bar{x}_1$ , mlajši moški -  $\bar{x}_p$ ) med seboj statistično značilno razlikujeta.

## RAZPRAVA

Na osnovi meritev mišice *biceps brachii*, opravljene s tenziomiografsko metodo, pri skupini moških, starih med 60 in 64 let, in skupini žensk, starih med 60 in 66 let, ter medsebojni primerjavi povprečnih vrednosti kontrakcijskega časa  $T_c$  med skupinama, smo ugotovili, da se kontrakcijski časi mišic med spoloma statistično značilno ne razlikujejo. Primerjava povprečnih vrednosti kontrakcijskega časa  $T_c$  skupine moških, starih med 60 in 64 let, s podatki iz strokovne literature (5), ki se nanašajo na skupino mlajših moških, starih med 17 in 40 let, pa je pokazala, da med starostnima skupinama moških obstaja statistično značilna razlika. Ob upoštevanju podatka iz strokovne literature (5) o medsebojni povezanosti deleža vlaken tipa I v mišici in njenega kontrakcijskega časa  $T_c$  in ugotovitev iz ostale strokovne literature glede sprememb v starajoči se mišici sklepamo, da se delež počasnih mišičnih vlaken (tip I) v mišici s staranjem povečuje, da mišica postaja počasnejša in da med spoloma v tem pogledu ni bistvenih razlik.

Hitrost krčenja zdrave odrasle mišice je v največji meri povezana z razmerjem deležev počasnih in hitrih mišičnih vlaken, ki jo sestavljajo, saj se le ti med seboj razlikujejo po presnovnih, morfoloških in biomehanskih lastnostih. Mišice, ki vsebujejo večji delež vlaken tipa I, se krčijo počasneje in obratno, kar je v tesni zvezi z vlogo, ki jo mišica ima - mišice, ki zagotavljajo držo telesa, in mišice, ki zagotavljajo izvajanje hitrejših vzorcev gibanja. Na sestavo mišice vplivajo mnogi dejavniki: genska določenost, življenjski slog in okolje, v katerem posameznik biva. Pri tem je treba izpostaviti stopnjo telesnih aktivnosti, ki so značilne za posameznikov vsakdanjik, tako njihova intenzivnost kot tudi dolžina trajanja. Dognano je namreč, da telesna neaktivnost že v krajšem časovnem obdobju zaradi nemotiviranosti za vadbo, bolezni, starosti, imobilizacije poškodovanih udov ali motenj v živčno-mišični zvezi sproži razvoj sprememb v mišičnih vlaknih in s tem v mišici kot celoti (14).

S staranjem organizma se postopno pojavlja nazadovanje v delovanju vseh organskih sistemov, kar se posledično odraža tudi v delovanju mišičnega sistema. Mišice se bodo spremenile tako v stopnji fizioloških in presnovnih procesov, kot v strukturnih lastnostih. Pri starostnikih bomo zlahka opazili določeno stopnjo atrofije mišice, kar pomeni, da se je njena velikost in masa zmanjšala. Do teh sprememb lahko pride z zmanjšanjem velikosti ali števila mišičnih vlaken ali s kombinacijo obojega.

Kljub določenim nesoglasjem avtorjev je večina raziskav pokazala, da tem spremembam niso podvrženi vsi tipi mišičnih vlaken v enaki meri. Prevladujejo mnenja, da so za spremembe v zvezi z velikostjo dovzetnejša vlakna tipa II, kar je pri mišici *biceps brachii* ugotovila tudi Mattillo - Sverzut s sodelavci, pri čemer naj bi bil začetek teh sprememb pri starosti 50 let (15). To nas navaja k sklepanju, da se bo s tem v večji meri zmanjševal tudi delež površine, ki ga ta vlakna zasedajo. Novonastalo razmerje deležev površin prečnega preseka mišice se bo spreminjalo v prid vlaken tipa I, to pa se tudi ujema z ugotovitvami nekaterih avtorjev (3, 16, 17). Če ob tem upoštevamo ugotovitve o medsebojni povezanosti deleža površine vlaken tipa I in kontrakcijskega časa (7), sklepamo, da se bo kontrakcijski čas teh mišic povečal oziroma, da se bo mišica krčila počasneje. Pri s starostjo povezanem



zmanjševanju števila vlaken nas podatki iz strokovne literature navajajo k podobnemu razmišljanju, saj so tudi v tem primeru v večjem obsegu prizadeta vlakna tipa II, večinoma zaradi motenj v delovanju nevronov, ki jih oživčujejo (4,14,16,17). To dogajanje postopoma vodi v prekinitev oživčenosti mišičnih vlaken teh motoričnih enot, ki praviloma vsebujejo večje število vlaken, kot jih vsebujejo počasne motorične enote in s tem toliko večjo izgubo vlaken tipa II. Več avtorjev ugotavlja, da se motorične enote tipa I s časom povečujejo, ker lahko stranski odrastki aksonov teh enot ponovno oživčijo "zapuščena" vlakna (16,17). To še dodatno podkrepi sklepanje o povečanju deleža počasnih vlaken v mišicah starostnikov. Spremembe, ki jih povzroči proces staranja in se z leti vedno bolj odražajo na organizmu, so opazne pri pripadnikih obeh spolov.

## SKLEP

Na osnovi rezultatov tenziomiografske analize in medsebojne primerjave izmerjenih vrednosti obeh skupin starostnikov sklepamo, da bodo te spremembe prizadele tudi mišični sistem, v smislu počasnejšega krčenja skeletne mišice zaradi večjega deleža počasnih mišičnih vlaken tipa I, ne glede na spol.

## LITERATURA

1. Guyton AC. Textbook of Medical Physiology. Eighth Edition. Philadelphia: 1991: 67 - 86.
2. Bemben MG. Age-related alternations in muscular endurance. Sports Med. 1998; 25(4): 259 - 69.
3. Thompson LV. Effects of age and training on skeletal muscle physiology and performance. Phys Ther. 1994; 74(1): 71 - 81.
4. Brooks SV, Faulkner JA. Skeletal muscle weakness in old age: underlying mechanisms. Med Sci Sports Exerc. 1994; 26(4): 432 - 9.
5. Dahmane R. Histokemična, morfometrična in biomehanska primerjava mišic zgornjega in spodnjega uda. Doktorska disertacija. Ljubljana: Medicinska fakulteta, 2001.
6. Šimunič B. Modeliranje vzdolžnih skrčkov in prečnih deformacij skeletnih mišic. Doktorska disertacija. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 2003.
7. Dahmane R, Valenčič V, Knez N, Eržen I. Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. Med. Biol. Eng. Comput. 2000; 38: 51 - 5.
8. Valenčič V, Dahmane R, Knez N, Godina N. Estimation of muscle type I percentage from tensiomyography. In: Zajc B. Proceedings of the eight Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 99. Portorož: 1999; B: 335 - 8.
9. Djordjevič S, Valenčič V. The comparison of dynamic characteristics of skeletal muscles in two groups of sportsmen - sprinters and cyclist. Biomedical Engineering 2001; 3: 1 - 4.
10. Valenčič V, Knez N, Šimunič B, Tensiomyography: detection of skeletal muscle response by means of radial muscle belly displacement. Biomedical Engineering 2001; 1: 1 - 10.

11. Adamič Š. Temelji biostatistike. Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani - Inštitut za biomedicinsko informatiko. Ljubljana: 1995; 34 - 5, 83 - 5, 157, 159 - 60.
12. Miller JC, Miller JN. Statistics for Analytical Chemistry. Ellis Horwood Limited, New York: 1993: 54 - 62.
13. Dahmane R, Djordjevič S, Šimunič B, Valenčič V. Spatial fiber type distribution in normal human muscle. Histochemical and tensiomyographical evaluation. J. Biomech.. 2005; 38: 2451-2459.
14. Scott W, Stevens J, Binder - Macleod SA. Human skeletal muscle fiber type classifications. Phys Ther 2001; 81(11): 1810 - 6.
15. Mattiello-Sverzut AC, Chimelli L, Moura MS, Teixeira S, de Oliveira JA. The effects of aging on biceps brachii muscle fibers: a morphometrical study from biopsies and autopsies. Arq Neuropsiquiatr. 2003; 61(3A): 555 - 60.
16. Rogers MA, Evans WJ. Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. Exerc Sport Sci Rev 1993;21: 65 - 102.
17. Kirkendall DT, Garrett WE Jr. The effects of aging and training on skeletal muscle. Am J Sports Med. 1998;26(4): 598 - 602.