

# TERMOGRAFIJA M. BICEPS BRACHII

---

**Kos, Petra**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:662616>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ FIZIOTERAPIJE

Petra Kos  
TERMOGRAFIJA MUSCULUS BICEPS BRACHII  
Diplomski rad

Rijeka, 2021.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
GRADUATE UNIVERSITY STUDY OF PHYSIOTHERAPY

Petra Kos

TERMOGRAPHY OF MUSCULUS BICEPS BRACHII

Final thesis

Rijeka, 2021.

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Tatjana Kehler, dr. med.

Komentor: Viši predavač, Verner Marijančić, prof. reh.

Diplomski rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci pred povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	8
1.1. <i>Temperatura mišića</i> .....	8
1.2. <i>Termoregulacija</i> .....	9
1.3. <i>Temperatura mišića i vježbanje</i> .....	10
1.4. <i>Učinci povećanja temperature mišića</i> .....	11
1.5. <i>Termografija</i> .....	12
1.6. <i>Mišić Biceps Brachii</i> .....	13
2. CILJEVI I HIPOTEZE.....	14
3. ISPITANICI I METODE .....	15
3.1. <i>Ispitanici</i> .....	15
3.2. <i>Metode</i> .....	15
4. REZULTATI.....	18
4.1. <i>Temperatura prije i nakon izvođenja vježbi</i> .....	19
4.2. <i>Prirast temperature izvođenjem vježbi</i> .....	21
4.2.1. <i>Promjene temperature desne ruke</i> .....	22
4.2.2. <i>Promjene temperature lijeve ruke</i> .....	25
4.3. <i>Vrijeme izvođenja vježbi i aktivacije m. biceps brachii</i> .....	28
4.4. <i>Razlika između dominantne i nedominantne ruke</i> .....	29
4.5. <i>Razlika u prirastu temperature između žena i muškaraca</i> .....	31
6. ZAKLJUČAK.....	41
LITERATURA.....	42
PRILOZI .....	46
ŽIVOTOPIS.....	47

## SAŽETAK

U prvih nekoliko minuta vježbanja dolazi do najznačajnijih promjena u vezi temperature mišića. Mišićnim kontrakcijama u prvih 3 do 5 minuta vježbanja dolazi do najveće proizvodnje topline unutar mišića. Termografija je tehnika koja dopušta vizualizaciju topline koja isijava iz tijela kroz infracrvenu emisiju koja nije vidljiva golim okom.

Cilj rada je istražiti kako vježbanje, tj. aktiviranje mišića utječe na povećanje temperature samog mišića.

U istraživanje je uključeno 32 zdrava studenta fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. Ispitanici su bili u dobi od 19 do 26 godina, visine  $175,34\text{cm} \pm 9,88\text{cm}$ , mase  $69,56\text{kg} \pm 14,29\text{kg}$ , BMI-a  $22,46 \pm 3,28$ . 3 ispitanika su ljevaci dok se 29 ispitanika izjasnilo kako im je dominantna desna ruka. Metoda koja je korištena u istraživanju je termografija.

Na desnoj ruci, koja je većini ispitanika dominantna ruka, minimalna vrijednost temperature na početku iznosi  $31,84^{\circ}\text{C} \pm 1,41^{\circ}\text{C}$  dok je na kraju bila  $32,04^{\circ}\text{C} \pm 1,43^{\circ}\text{C}$ . Razlika od  $0,19^{\circ}\text{C}$  u minimalnoj temperaturi nije statistički značajna. Maksimalna izmjerena vrijednost prije aktivacije mišića bila je  $33,4^{\circ}\text{C} \pm 1,09^{\circ}\text{C}$ , a nakon aktivacije m. biceps brachii ona je iznosila  $34,62^{\circ}\text{C} \pm 0,82^{\circ}\text{C}$ . Ta razlika u maksimalnoj izmjerenoj temperaturi od  $1,22^{\circ}\text{C}$  je statistički značajna. Izmjerena vrijednost minimalne temperature m. biceps brachii lijeve ruke prije aktivacije mišića iznosila je  $31,8^{\circ}\text{C} \pm 1,38^{\circ}\text{C}$ . Nakon aktivacije m. biceps brachii minimalna vrijednost temperature iznosila je  $32,13^{\circ}\text{C} \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ . Studentskim t-testom izračunato je kako razlika od  $0,01^{\circ}\text{C}$  nije statistički značajna razlika. Vrijednost maksimalne temperature prije aktivacije m. biceps brachii lijeve ruke iznosila je  $33,55^{\circ}\text{C} \pm 1,08^{\circ}\text{C}$ , dok je nakon aktivacije iznosila  $34,62^{\circ}\text{C} \pm 0,91^{\circ}\text{C}$ . Razlika od  $1,07^{\circ}\text{C}$  je statistički značajna razlika.

Temeljem rezultata dobivenih mjerenjem i analizom termalnih fotografija i videa došlo se do zaključka kako aktivacija mišića vježbanjem povećava maksimalnu temperaturu m. biceps brachii dok minimalna temperatura ostaje ista ili se, u nekim slučajevima, smanjuje. Hipoteze postavljene na početku su potvrđene rađenjem statističke analize na temelju dobivenih podataka i njihovim aritmetičkim sredinama.

Ključne riječi: termografija, m. biceps brachii, aktivacija mišića, prirast temperature

## **ABSTRACT**

In the first few minutes of exercise, the most significant changes occur regarding muscle temperature. Muscle contractions in the first 3 to 5 minutes of exercise lead to the highest heat production inside the muscles. Thermography is a technique that allows visualization of heat that shines out of the body through infrared emission that is not visible to the naked eye.

The aim of the paper is to explore how exercise, i.e. muscle activation affects the increase in the temperature of the muscle itself.

The study included 32 healthy physiotherapy students at the Faculty of Health Studies in Rijeka. The subjects ranged in age from 19 to 26 years,  $175.34\text{cm} \pm 9.88\text{cm}$ , weighing  $69.56\text{kg} \pm 14.29\text{kg}$ , BMI  $22.46 \pm 3.28$ . The method that was used in the study is thermography.

On the right hand, which is the dominant hand for most subjects, the minimum temperature value at the beginning is  $31.84^{\circ}\text{C} \pm 1.41^{\circ}\text{C}$  while in the end it was  $32.04^{\circ}\text{C} \pm 1.43^{\circ}\text{C}$ . The difference of  $0.19^{\circ}\text{C}$  in the minimum temperature is not statistically significant.

The maximum measured value before muscle activation was  $33.4^{\circ}\text{C} \pm 1.09^{\circ}\text{C}$ , and after activation m. biceps brachii it was  $34.62^{\circ}\text{C} \pm 0.82^{\circ}\text{C}$ . This difference in maximum measured temperature of  $1.22^{\circ}\text{C}$  is statistically significant. The measured minimum temperature of m. biceps brachii of the left hand before muscle activation was  $31.8^{\circ}\text{C} \pm 1.38^{\circ}\text{C}$ . After activation of m. biceps brachii, the minimum temperature value was  $32.13^{\circ}\text{C} \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ . The student t-test calculated that the difference of  $0.01^{\circ}\text{C}$  is not a statistically significant difference. The maximum temperature before activation of m. biceps brachii of the left hand was  $33.55^{\circ}\text{C} \pm 1.08^{\circ}\text{C}$ , while after activation it was  $34.62^{\circ}\text{C} \pm 0.91^{\circ}\text{C}$ . The difference of  $1.07^{\circ}\text{C}$  is a statistically significant difference.

Based on the results obtained by measuring and analyzing thermal photos and videos, it was concluded that muscle activation by exercising increases the maximum temperature m. biceps brachii while the minimum temperature remains the same or, in some cases, decreases. The hypotheses set at the beginning were confirmed by making a statistical analysis based on the data obtained and their arithmetic environments.

Keywords: thermography, m. biceps brachii, muscle activation, temperature rise

## 1. UVOD

Iako je zagrijavanje mišića prvi puta objašnjeno 1960-ih godina i 1977. godine su objavljena prva značajnija istraživanja, do danas na tom području nije objavljeno mnogo radova. Većina autora se bavi zagrijavanjem mišića prije sportske aktivnosti ili pak procesom hlađenja mišića nakon vježbanja. Jedan od glavnih razloga tome je što je procese termoregulacije i zagrijavanja na fiziološkoj bazi teško objasniti, a drugi razlog je što do prije nekih 10 godina nisu postojale pouzdane i neinvazivne metode koje bi se mogle koristiti u svrhu procjene prirasta temperature mišića.

### 1.1. *Temperatura mišića*

Različiti mišići imaju različite toplinske kapacitete, pa tako kod nekih temperatura varira puno, a kod nekih veoma malo. Mišići koji imaju mali toplinski kapacitet i njihova temperatura varira u rasponu od čak 20°C su mali distalni mišići stopala i šaka. Veliki toplinski kapacitet i samim time mali prirast temperature od svega nekoliko stupnjeva imaju veliki skeletni mišići (1). U mišiće koji imaju veliki toplinski kapacitet i mali prirast temperature koji iznosi od 3°C do 5°C ubraja se i m. biceps brachii. Neka autori su pronašli da postoji razlika u početnoj temperaturi mišića koji se nalaze distalno u tijelu u odnosu na one koji se nalaze proksimalno. Proksimalni mišići imaju veću početnu temperaturu, neki distalni mišići su za do 4°C topliji od mišića koji su proksimalno (2).

Temperatura mišića nije na svim njegovim dijelovima jednaka. Analize mišića i temperature koje su do sada napravljene govore o tome kako je temperatura blizu tetiva niža, dok se na samom trbuhu mišića nalazi točka najveće temperature, a ona je obično na mjestu gdje je mišić najdeblji. Razlog tome je što mišićna vlakna puno bolje zadržavaju toplinu od tetivnih vlakana. Clark i suradnici su termografijom trkaća sprintera uvidjeli da se temperatura unutar mišića, od točke do točke, može razlikovati od 1,5°C do čak 4°C (3).

Visoka temperatura mišića može uzrokovati strukturalne i funkcionalne promjene u proteinima što dovodi do zamora mišića i nakupljanja laktata (4). Kada se temperatura



unutar mišića poveća za 1°C, metabolički procesi unutar stanica se ubrzaju za do 13%. Zagrijavanje mišića ubrzava hidrolizu ATP-a te anaerobnu glikolizu (5).

Neka od istraživanja koja su provedena navode kako osobe koje vježbaju u uvjetima kada je vanjska temperatura iznad 25°C, početnu temperaturu mišića imaju povećanu za 2°C do 3°C u odnosu na osobe koje vježbaju pri sobnoj temperaturi (2,6). Postavlja se pitanje da li viša početna temperatura utječe na prirast temperature mišića tijekom vježbanja, no istraživanja koja trenutno postoje na to pitanje ne daju odgovor.

## **1.2. Termoregulacija**

Termoregulacijski sustav kojeg kontrolira centralni živčani sustav, kontrolira razne puteve proizvodnje topline kako bi se maksimalno smanjio gubitak topline iz tijela (7). U homeostazi, unutarnja toplina tijela se održava unutar uskog raspona tako što integrirani neurofiziološki mehanizmi održavaju ravnotežu između proizvodnje i odvodnje, tj. pohrane topline (8,9). Toplina se proizvodi kontrakcijom skeletnog mišića procesom konverzije metaboličke energije u mehanički rad. Ta konverzija iznosi samo 20-25% dok se ostatak 75-80% kemijske energije pretvara u toplinu unutar mišićnih stanica (10,11).

Mjesta za pohranu topline unutar organizma su ograničena, stoga se temperatura smatra ograničavajućim faktorom za zamor kod vježbanja jer se samo dio topline koja nastaje može pohraniti u stanicama i krvi.

Termoregulacijski sustav organizma je znatno aktivniji u kontroli temperature mišića i njenom prirastu tijekom vježbanja nego tijekom obavljanja normalnih, svakodnevnih aktivnosti zato što tijekom vježbanja mišići proizvode znatno veću količinu topline. Povećanje kontrole i količina rada koju osoba napravi su proporcionalni (12,6).

Tijelo različito reagira na prirast topline u hladnom i toplom okruženju. Kako bi se smanjilo rasipanje topline, u hladnim uvjetima, tijelo proizvodi toplinu kroz kuteanu vazokonstrikciju dok se u toplim i vrućim uvjetima ta dodatna toplina raspoređuje povećanjem protoka krvi blizu površine kože (13). Mišićnim radom, kao što je npr. vježbanje, mišići svojim kontrakcijama proizvode dodatnu temperaturu koju tijelo mora pohraniti i preraditi.

Zajedno s aferentnim informacijama koje dolaze iz receptora za bol, temperatura mišića i njeno povećanje se smatra vrlo neugodnim stimulansom za organizam. Osjet temperature i boli se preko termoreceptora A delta i C vlakana prenose od trupa i ekstremiteta do leđne moždine. Promjena temperature i amplituda električki pobuđenih M-valova i H-refleksa su u obrnuto proporcionalnom odnosu, te kako se jedna povećava, druga se znatno smanjuje (6).

### **1.3. Temperatura mišića i vježbanje**

Iako vježbanje ima mnoge pozitivne efekte, neki su ipak negativni i na njih treba paziti. Jedan od negativnih efekata koje vježbanje može izazvati je razvijanje tzv. toplinskog šoka kada se vježba u toplijem okruženju nego obično, primjerice ljeti. Kako bi se izbjegla ta pojava, važno je znati kako se ljudski termoregulacijski sustav prilagođava tijekom vježbanja (13).

Metabolička proizvodnja topline se tijekom vježbanja povećava za 10 do 20 puta više nego u normalnom mišićnom radu koji se obavlja tijekom aktivnosti svakodnevnog života. Nešto manje od 30% topline koje mišići proizvedu svojim radom se pretvara u mehaničku energiju. Do povećanje temperature mišića dolazi kada se toplina nakuplja u njima jer je metabolička proizvodnja topline prevelika za mehanizme raspršivanja. Količini nakupljene topline i time povećanje temperature mišića tijekom vježbanja, ovisi o intenzitetu i količini vježbi koje osoba izvodi (12).

Tijekom vježbanja, primarni fiziološki mehanizmi odvodnje topline su povećanje u proporciji kardio outputa koji je usmjeren na kuteanu cirkulaciju te povećanje tempa izlučivanja znoja. Većina autora se slaže kako je proces znojenja uslijed povećanja temperature mišića veoma važan za proces termoregulacije (14).

U prvih nekoliko minuta vježbanja dolazi do najznačajnijih promjena u vezi temperature mišića. Mišićnim kontrakcijama u prvih 3 do 5 minuta vježbanja dolazi do najveće proizvodnje topline unutar mišića. Toplina koja je nastala u tom periodu se zadržava u kontrahirajućem mišiću dok se ona toplina koja nastaje mehaničkim radom nakon toga prenosi kroz krv u ostatak tijela gdje se pohranjuje ili u slučaju viška izlazi van iz tijela procesom evaporacije (15). Unutar prvih 5 minuta, također, dolazi do izjednačavanja temperature mišića, koja je u početku niža, s bazalnom temperaturom

tijela. U toplijim uvjetima temperatura mišića može doseći i vrijednosti veće od bazalne temperature (2). U literaturi se često spominje kako do najvećeg prirasta temperature dolazi do 3. minute vježbanja, no neki autori govore kako se najznačajniji prirast događa u prvoj minuti (16). Ako dođe do prevelikog porasta u temperaturi mišića prije ili na samom početku vježbanja, tada se mijenja kapacitet pohrane topline i to negativno utječe na izvedbu mišića pa nastaje rizik od ozljeda, toplinskog šoka i preranog zamora.

Do 1960.-tih godina nije bilo istraživanja niti opisa proizvodnje topline u mišiću i povećanju njegove temperature tijekom vježbanja. Inicijacija temperaturnih i ne temperaturnih odgovora mišića i tijela, jedan je od glavnih ciljeva zagrijavanja kako bi se optimizirala izvedba (17). Tijekom prve minute intenzivnog vježbanja, proizvodnja topline u mišiću se naglo i znatno poveća i posljedično tome temperatura mišića raste.

#### **1.4. Učinci povećanja temperature mišića**

Normalna, tj. početna temperatura mišića i osobe te mišićna masa utječu na stopu prirasta i samu promjenu temperature mišića prilikom značajnije aktivacije mišića kao što je ona koja nastaje vježbanjem. Debljina supkutanog masnog tkiva je obrnuto proporcionalna promjeni temperature unutar mišića kojeg okružuje (1).

Mnogo toga ovisi o temperaturi mišića i povećanju iste uslijed vježbanja. Pa je tako na primjer, prepoznato da je temperatura mišića važna determinanta za rad svih skeletnih mišića (15). Miofibrilna faza ATPaza aktivnosti je također, povezana s temperaturom mišića na način da je njeno povećanje povezano sa stopom konzumacije ATP-a uslijed povećanja temperature mišića. Na jednom jedinom mišićnom vlaknu se može promatrati kako je učinkovitost mišića ovisna o promjeni temperature mišića (6). Učinkovitost mišićne kontrakcije i viskoznost su u obrnuto proporcionalnom odnosu dok su učinkovitost i temperatura u proporcionalnom odnosu. Viskoznost samog mišića se smanjuje ako se temperatura i učinkovitost povećavaju i obrnuto (1).

Malobrojna istraživanja koja su napravljena pokazuju kako postoji povezanost temperature mišića i mišićne snage i sile, ta povezanost je mala, ali je značajna. Izlazna snaga mišićnih vlakana tipa I i tipa II se znatno povećava s povišenjem temperature mišića, to povećanje je značajnije kod vlakana tipa I (6).

Neka istraživanja su pokazala da kroz rad mišića dolazi do poboljšanja izvedbe visokog intenziteta uz aktivno zagrijavanje. Također se pokazalo kako dolazi do poboljšanja mišićne snage i sile uslijed povećanja temperature samog mišića, te mišića antagonista. Do promjena mehaničke učinkovitosti i brzine provođenja unutar mišićnog vlakna zbog povećanja protoka krvi kroz mišić što je uzrokovano povećanjem temperature (1). Istraživanja pokazuju da su sporo kontrahirajući mišići osjetljiviji na porast temperature.

Prema nekim autorima, rastezljivost mišića i vezivnog tkiva može se u cijelosti povećati porastom temperature u mišiću. Tijekom vježbanja, povećanje temperature mišića trebalo bi biti dovoljno značajno da se mišićni odgovor ubrza. Izvedba mišića se povećava kada temperatura mišića naraste iznad normalne temperature tijela. Kao rezultat toga dolazi do varijacija u maksimalnoj dinamičkoj snazi sportaša. Pozitivna veza između izvedbe i temperature mišića uočena je tijekom kratkotrajnog vježbanja kada uslijed povećanja temperature mišića dođe do poboljšanja funkcije samog mišića (15).

Zontak i suradnici su proveli istraživanje u kojem su okarakterizirali utjecaj vježbe na temperaturu kože. Oni su povezali proces vazokonstrukcije i vazodilatacije s povećanjem temperature do kojeg dolazi uslijed vježbanja (18).

### **1.5. Termografija**

Termografija je tehnika koja dopušta vizualizaciju topline koja isijava iz tijela kroz infracrvenu emisiju koja nije vidljiva golim okom. Ova tehnika se sada koristi u mnogim područjima, uključujući i područje biomedicine i zdravstva. Termografija se u medicini koristi kao metoda procjene fizioloških odgovora povezanih s temperaturom kože i ostalih tkiva (19-22).

Prvo istraživanje koje je koristilo termografiju u području sporta objavljeno je davne 1975. godine od strane njemačkih autora Keyla i Lenharta. Istraživanje je bilo na njemačkom jeziku te je kasnije prevedeno na engleski pod naslovom "Thermography in sports injuries and lesions of the locomotor system due to sport". Rezultati koje su autori dobili svojim istraživanjem pokazali su prisutnost hipotermije u području ozljeđenog mišića (23).

Hildebrant i suradnici su napravili pregled tehničkih prednosti termografije u sportskoj medicini. Njihov rad na tu temu je jedna od rijetkih publikacija koja govori o potpunoj aplikaciji termografije u sportu (22). Autori su u svoj rad uvrstili mnoge termofotografije i objašnjenja principa i metodologije kako bi potkrijepili učinkovitost te biomehaničke tehnike.

Nekoliko istraživanja dokazuje kako je termografija tehnologija od velike vrijednosti za medicinu jer je relativno jeftina, neinvazivna, brza, sigurna, bez radijacije, prenosiva, bez direktnog kontakta, te ima evaluaciju temperature koja se prikazuje u stvarnom vremenu i uvjetima (23).

Svakodnevna upotreba termografije u sportu pruža brzu procjenu, a također se može i promatrati termalni odgovor sportaša tijekom treninga što daje važne informacije trenerima i fizioterapeutima o sportaševoj izvedbi i zdravstvenom stanju te moguće točke za nastajanje ozljeda mišićnog sustava (23).

### **1.6. Mišić *Biceps Brachii***

Mišić *m. biceps brachii* je dvoglavi mišić koji se nalazi proksimalno u tijelu, tj. na gornjem ekstremitetu. Duga glava polazi s dva zasebna mjesta na lopatici, jedno je *tuberculum superglenoidale*, a drugo polazište duge glave je *caput sulcus intertubercularis*. Kratka glava pak polazi s *procesusa coracoideusa*. Glave se spajaju u zajednički trbuh, te imaju zajedničko hvatište na *tuberositas radii* (24). Ovaj mišić je inerviran *n. musculocutaneusom* (25). Pošto je polazište mišića na lopatici, a hvatište na podlaktici, *m. biceps brachii* je poliartikularni mišić jer prelazi i rameni i lakatni zglob. No njegova funkcija je jača i značajnija u lakatnom zglobu u kojem izvodi pokrete fleksije i supinacije podlaktice. Ako je podlaktica ispružena tada *m. biceps brachii* neće sudjelovati u pokretu supinacije podlaktice. No ako je podlaktica pronirana ili u srednjem, prirodnom, položaju, tada će *m. biceps brachii* prvo izvesti pokret supinacije podlaktice u lakatnom zglobu, a zatim će izvesti pokret fleksije. *M. biceps brachii*, pokret fleksije podlaktice može izvesti iz bilo kojeg položaja ruke (26).

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE

Cilj rada je istražiti kako vježbanje, tj. aktiviranje mišića utječe na povećanje temperature samog mišića. Jedan od specifičnih ciljeva je vidjeti koja vježba najviše aktivira mišić, te u kojem trenutku je prirast temperature najveći. Također, u ovom istraživanju se istražuje da li postoji razlika između spolova, kako u početnoj temperaturi mišića, tako i u prirastu same temperature.

Na temelju ciljeva istraživanja, postavljene su slijedeće hipoteze.

H1: temperatura mišića se povećava aktivnošću

H2: postoji značajna razlika u temperaturi mišića prije odrađenih vježbi te na samom kraju

H3: nema značajne razlike u prirastu temperature između dominantne i nedominantne ruke

H4: nema značajne razlike u temperaturi mišića između muškaraca i žena

### 3. ISPITANICI I METODE

#### 3.1. *Ispitanici*

U istraživanje je uključeno 32 zdrava studenta fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. Ispitanici su bili u dobi od 19 do 26 godina, visine  $175,34\text{cm} \pm 9,88\text{cm}$ , mase  $69,56\text{kg} \pm 14,29\text{kg}$ , BMI-a  $22,46 \pm 3,28$ . 3 ispitanika su ljevac dok se 29 ispitanika izjasnilo kako im je dominantna desna ruka.

Opseg lijeve ruke za sve ispitanike iznosi  $27,39\text{cm} \pm 3,44\text{cm}$ , u rasponu od 23cm do 36cm. Opseg desne ruke iznosi  $27,55\text{cm} \pm 3,34\text{cm}$ , u rasponu od 22,5cm do 36,5cm.

#### 3.2. *Metode*

Metoda koja je korištena u istraživanju je termografija. Termografija je metoda kojom se termo kamerom, neinvazivno, mjeri temperatura mišića u mirovanju, ali i tijekom aktivnosti. Termo kamera koja je korištena u ovom istraživanju je FLIR A615 termalne rezolucije  $640 \times 480$  termo piksela (slika 1).



Slika 1: Termo kamera FLIR A615 (izvor: privatni album)

U ispitivanju se koristila i elastična traka za vježbanje srebrne boje koja pruža otpor od 50N, a time ispitanici savladavaju opterećenje od 4.6 kg kod 100% rastezanja trake, za izvođenje vježbi i aktivaciju mišića.

Prije mjerenja termografijom, ispitanicima je izmjerena visina, masa, puls, zasićenost kisikom te opseg mišića dominantne i nedominantne ruke. Na temelju izmjerene visine i težine izračunat je BMI za svakog ispitanika. Također, prije mjerenja termo kamerom, ona je kalibrirana na temperaturu prostorije koja je iznosila 20°C. Termo kamera je postavljena na visinu od 120cm, a ispitanici su stajali na udaljenosti od 140cm od leće termo kamere. Kako bi svi ispitanici stajali na istom mjestu, na podu su uz pomoć ljepljive trake povučene crte na kojima su ispitanici trebali stajati (slika 2).

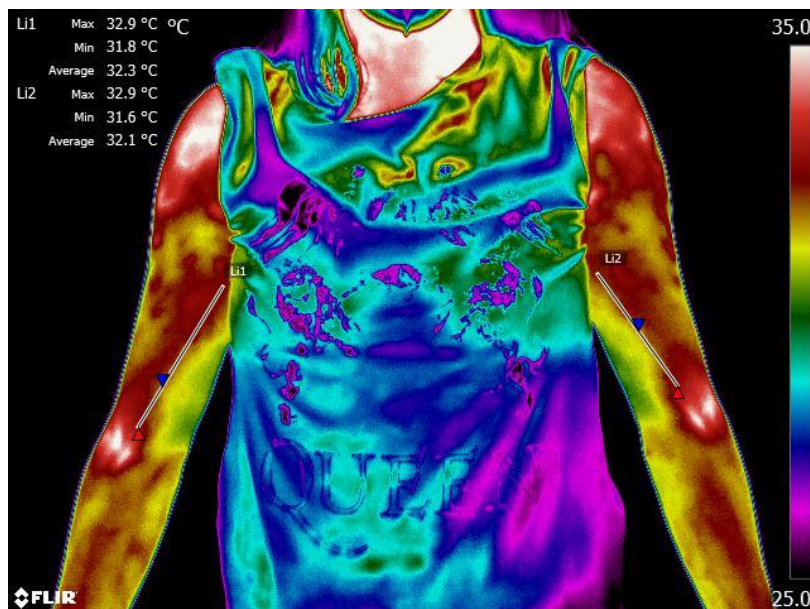


*Slika 2: Pozicija termo kamere za snimanje ispitanika (izvor: privatni album)*

Nakon mjerenja osnovnih vrijednosti, ispitanici su stali na oznake na podu te je kamera podešena njihovoj visini, te je kalibrirana da očitava temperaturu mišića ispitanika. Izmjerena je početna temperatura mišića, na svakoj ruci posebno. Nakon početne fotografije, ispitaniku se dala elastična traka srebrne boje, 50N, te ispitanik je izvodio vježbu koja aktivira m. biceps brachii pokretom fleksije u laktu. Druga vježba koja je zadana ispitanicima, aktivirala je m. biceps brachii kroz supinaciju i fleksiju podlaktice. Treća i posljednja vježba aktivirala je mišić kroz pokret supinacije. Izvođenje vježbi nije bilo vremenski ograničeno, važno je bilo samo da svaki ispitanik, svaku vježbu



napravi 10 puta. Tijekom vježbanja provodila se video analiza termo kamerom kako bi se odredio trenutak najvećeg prirasta temperature. Ispitanici su zatim ponovno stali na oznaku na podu kako bi se u istom položaju snimile fotografije nakon vježbanja. Kada su termalne fotografije napravljene za svakog sudionika, ubacila sam ih u računalni software kamere, FLIR Tools, kako bi uskladila prikaz boja za najnižu te za najvišu temperaturu svake fotografije, isto se činilo i sa video analizom. Podešeno je da najniža temperatura koja se prikazuje bude 25°C dok je najviša temperatura koja se prikazuje 35°C. Kako je termo kamerom fotografiran cijeli trup, označavao se m. biceps brachii te nam je program sam pokazao točku minimalne, te točku maksimalne temperature za svaku ruku i mišić koji smo označili (slika 3).



Slika 3: Prikaz termo fotografije

Podatci dobiveni termografijom su nakon obrade u programu FLIR Tools vađeni u tablice u MS Excelu kako bi se podatci lakše statistički obradili. Uzimane su minimalne i maksimalne vrijednosti na početku ispitivanja te na kraju. Za svaku vježbu su na početku i kraju vježbe iščitane minimalne i maksimalne vrijednosti temperature m. bicepsa brachii te vrijeme koje je bilo potrebno ispitaniku da izvede 10 ponavljanja zadane vježbe. Na temelju dobivenih aritmetičkih sredina i standardnih devijacija, za svaku skupinu podataka rađen je studentski t-test.

#### 4. REZULTATI

Termografijom je izmjereno 32 ispitanika, no u istraživanje su uvršteni rezultati njih 30. Jedan ispitanik je isključen zbog dijagnoze pareze n. brachialis, a jedan zbog pogreške pri mjerenju. Oksimetrom su prije prvog mjerenja termografijom i nakon zadnjeg mjerenja, tj. nakon izvođenja vježbi, izmjeren je broj otkucaja srca u minuti (HR) dok je zasićenost kisikom mjerena (SpO2) samo na početku. Za aritmetičke vrijednosti i standardne devijacije broja otkucaja u minuti rađen je studentski t-test i rezultati su pokazali kako je razlika prije i nakon vježbanja statistički značajna. Oscilacije između ispitanika u zasićenosti kisika su male i ne baš značajne. Minimalne i maksimalne izmjerene vrijednosti te aritmetička sredina i standardne devijacije (SD) prikazane su u tablici 1.

*Tablica 1: Vrijednosti HR i SpO2*

	HR početni	HR završni	SpO2
Aritmetička sredina	85,13	95,41	97,72%
SD	19,52	18,16	1,2%
Max izmjerena vrijednost	146	148	99%
Min izmjerena vrijednost	55	56	93%

Krojačkim metrom, mjereno je opseg lijeve i desne ruke za svakog ispitanika. Kod većine ispitanika postoji razlika u opsegu između ruku. Ta razlika iznosi od 0,5 cm do 1,5 cm. No podjednako je veći ili manji opseg za dominantnu ruku u odnosu na nedominantnu kada se pogledaju svi ispitanici zajedno. Računanjem studentskog t-testa došlo se do zaključka kako ta razlika u opsegu između ruku nije statistički značajna. Vrijednosti aritmetičke sredine i standardne devijacije (SD) prikazani su u tablici 2.

Tablica 2: Vrijednosti opsega nadlaktica

	Opseg lijeve nadlaktice	Opseg desne nadlaktice
Aritmetička sredina	27,39 cm	27,55 cm
SD	3,44 cm	3,37 cm
Max izmjerena vrijednost	36 cm	36,5 cm
Min izmjerena vrijednost	23 cm	22,5 cm

#### 4.1. Temperatura prije i nakon izvođenja vježbi

Prije početka izvođenja vježbi, nakon kalibriranja termo kamere za svakog ispitanika, uzeta je fotografija kako bi se vidjela početna temperatura mišića. Nakon izvođenja zadnje vježbe, ispitanik je ponovno mirno stao pred kameru i uzeta je termo fotografija kako bi se vidjela temperatura nakon aktiviranja m. bicepsa brachii i izvođenja vježbi. Na svakoj fotografiji, i prije i poslije, gledane su točke u mišiću s najnižom, tj. najvišom temperaturom te su očitane vrijednosti uvrštene u tablicu kako bi se mogao napraviti studentski t-test.

Na desnoj ruci, koja je većini ispitanika dominantna ruka, minimalna vrijednost temperature na početku iznosi  $31,84^{\circ}\text{C} \pm 1,41^{\circ}\text{C}$  dok je na kraju bila  $32,04^{\circ}\text{C} \pm 1,43^{\circ}\text{C}$ . Razlika od  $0,19^{\circ}\text{C}$  u minimalnoj temperaturi nije statistički značajna. Maksimalna izmjerena vrijednost prije aktivacije mišića bila je  $33,4^{\circ}\text{C} \pm 1,09^{\circ}\text{C}$ , a nakon aktivacije m. biceps brachii ona je iznosila  $34,62^{\circ}\text{C} \pm 0,82^{\circ}\text{C}$ . Ta razlika u maksimalnoj izmjerenoj temperaturi od  $1,22^{\circ}\text{C}$  je statistički značajna.

Vrijednosti aritmetičke sredine i SD, te minimalne i maksimalne izmjerene vrijednosti na temelju kojih je rađen studentski t-test su prikazani u tablici 3.

Tablica 3: Vrijednosti prije i nakon aktivacije m. biceps brachii desne ruke

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
Min. temperatura prije aktivacije	31,85°C	1,41°C	34,4°C	29°C
Min. temperatura poslije aktivacije	32,04°C	1,43°C	34,2°C	29°C
Max. temperatura prije aktivacije	33,4°C	1,09°C	35,4°C	31,3°C
Max. temperatura poslije aktivacije	34,62°C	0,82°C	36,6°C	33,4°C

Izmjerena vrijednost minimalne temperature m. biceps brachii lijeve ruke prije aktivacije mišića iznosila je 31,8°C ± 1,38°C. Nakon aktivacije m. biceps brachii minimalna vrijednost temperature iznosila je 32,13°C ± 1,4°C. Studentskim t-testom izračunato je kako razlika od 0,01°C nije statistički značajna razlika. Vrijednost maksimalne temperature prije aktivacije m. biceps brachii lijeve ruke iznosila je 33,55°C ± 1,08°C, dok je nakon aktivacije iznosila 34,62°C ± 0,91°C. Razlika od 1,07°C je statistički značajna razlika.

Vrijednosti aritmetičke sredine i SD, te minimalne i maksimalne izmjerene vrijednosti na temelju kojih je rađen studentski t-test su prikazani u tablici 3.

Tablica 4: Vrijednosti prije i nakon aktivacije m. biceps brachii lijeve ruke

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
Min. temperatura prije aktivacije	31,8°C	1,38°C	33,8°C	28,8°C
Min. temperatura poslije aktivacije	32,13°C	1,4°C	34,7°C	29°C
Max. temperatura prije aktivacije	33,55°C	1,08°C	35,2°C	31,2°C
Max. temperatura poslije aktivacije	34,62°C	0,91°C	36,6°C	32,9°C

Usporedbom prirasta temperature između lijeve i desne ruke mogu se uočiti male razlike, no izračunom t-testa zaključeno je da ta razlika od 0,15°C između lijeve i desne ruke u maksimalnoj temperaturi nije statistički značajna.

Također kako bi se vidjelo postoji ili povezanost između opsega nadlaktice i prirasta temperature rađen je test korelacije. Rezultati testa korelacije pokazuju kako ne postoji povezanost u vrijednosti opsega nadlaktice i prirasta temperature aktivacijom m. biceps brachii niti na lijevoj niti na desnoj ruci.

#### **4.2. Prirast temperature izvođenjem vježbi**

Prije izvođenja svake vježbe, ispitanici su dobili upute i pokazalo im je kako pravilno izvesti vježbu. Važno je bilo da ispitanik svaku vježbu ponovi 10 puta, nije bilo važno u kojem vremenskom razdoblju. Kod izvođenja vježbi rađena je termo-video analiza za obje ruke istovremeno jer su se tako izvodile vježbe. Rezultati su gledani za svaku ruku posebno, te su na kraju uspoređeni kako bi se vidjelo je li razlika značajna ili

slučajna kod prirasta temperature između ruku. Analizom termo-video materijala, uzete su temperature u najhladnijoj i najtoplijoj točki na početku te na kraju vježbe. Također uzeto je vrijeme koje je bilo potrebno svakom ispitaniku kako bi napravio 10 ponavljanja.

#### **4.2.1. Promjene temperature desne ruke**

Minimalne izmjerene vrijednosti za desnu ruku na početku prve vježbe iznose  $31,87^{\circ}\text{C} \pm 1,29^{\circ}\text{C}$  dok je minimalna temperatura m. biceps brachii na kraju prve vježbe iznosila  $31,84^{\circ}\text{C} \pm 1,34^{\circ}\text{C}$ . Potrebno vrijeme za izvođenje 10 ponavljanja bilo je  $23,75$  sekundi  $\pm 7,71$  sekundu, u rasponu od  $8,6\text{s}$  do  $38,04\text{s}$ . Na početku prve vježbe maksimalna temperatura iznosila je  $33,31^{\circ}\text{C} \pm 1,01^{\circ}\text{C}$ , a na kraju prve vježbe ona je iznosila  $33,76^{\circ}\text{C} \pm 0,82^{\circ}\text{C}$ . Studentskim t-testom ustanovljeno je da prirast i minimalne i maksimalne temperature kod prve vježbe nije statistički značajan.

*Tablica 5: Vrijednosti temperature m. biceps brachii desne ruke kod prve vježbe*

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
Min. temperatura prije aktivacije	$31,87^{\circ}\text{C}$	$1,29^{\circ}\text{C}$	$34,2^{\circ}\text{C}$	$29,1^{\circ}\text{C}$
Min. temperatura poslije aktivacije	$31,84^{\circ}\text{C}$	$1,34^{\circ}\text{C}$	$34,1^{\circ}\text{C}$	$29,4^{\circ}\text{C}$
Max. temperatura prije aktivacije	$33,31^{\circ}\text{C}$	$1,01^{\circ}\text{C}$	$35^{\circ}\text{C}$	$31,2^{\circ}\text{C}$
Max. temperatura poslije aktivacije	$33,76^{\circ}\text{C}$	$0,82^{\circ}\text{C}$	$35,4^{\circ}\text{C}$	$32,5^{\circ}\text{C}$
Vrijeme potrebno za 10 ponavljanja	$23,75\text{s}$	$7,71\text{s}$	$38,08\text{s}$	$8,6\text{s}$

Na početku druge vježbe, minimalna izmjerena temperatura m. biceps brachii desne ruke iznosila je  $31,9^{\circ}\text{C} \pm 1,17^{\circ}\text{C}$  dok je nakon 10 ponavljanja, minimalna temperatura iznosila  $31,93^{\circ}\text{C} \pm 1,28^{\circ}\text{C}$ . Maksimalna temperatura izmjerena na početku druge vježbe iznosila je  $33,76^{\circ}\text{C} \pm 0,84^{\circ}\text{C}$ , a na kraju druge vježbe je maksimalne temperatura m. biceps brachii desne ruke iznosila  $34,38^{\circ}\text{C} \pm 0,89^{\circ}\text{C}$ . Vrijeme koje je bilo potrebno ispitanicima da drugu vježbu izvedu 10 puta bilo je  $30,04\text{s} \pm 10,6\text{s}$ , u rasponu od 13,88s do 63,6s. Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 6. Na temelju dobivenih rezultata rađen je studentski t-test koji je pokazao kako je razlika u minimalnoj temperaturi slučajna, tj. nije statistički značajna. Razlika u maksimalnoj temperaturi od  $0,62^{\circ}\text{C}$  je statistički značajna razlika.

*Tablica 6: Vrijednosti temperature m. biceps brachii desne ruke kod druge vježbe*

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
Min. temperatura prije aktivacije	31,9°C	1,72°C	34,1°C	29,8°C
Min. temperatura poslije aktivacije	31,3 °C	1,28°C	34,4°C	30°C
Max. temperatura prije aktivacije	33,76°C	0,84°C	35,4°C	32,5°C
Max. temperatura poslije aktivacije	34,38°C	0,89°C	36,2°C	32,9°C
Vrijeme potrebno za 10 ponavljanja	30,04s	10,6s	63,6s	13,88s

Na početku treće vježbe, minimalna izmjerena temperatura m. biceps brachii desne ruke iznosila je  $32,05^{\circ}\text{C} \pm 1,3^{\circ}\text{C}$  dok je na kraju vježbe minimalna izmjerena temperatura iznosila  $32,07^{\circ}\text{C} \pm 1,47^{\circ}\text{C}$ . Maksimalna izmjerena temperatura m. biceps brachii desne ruke na početku treće vježbe iznosila je  $34,25^{\circ}\text{C} \pm 0,79^{\circ}\text{C}$ , a na kraju treće vježbe ona je iznosila  $34,67^{\circ}\text{C} \pm 0,76^{\circ}\text{C}$ . Potrebno vrijeme za izvođenje treće vježbe iznosi  $26,33\text{s} \pm 7,15\text{s}$ , u rasponu od 11,88s do 40,52s. Studentski t-test pokazao je kako razlika u minimalnoj temperaturi na početku i kraju treće vježbe nije statistički značajna. Prirast temperature u maksimalnoj temperaturi na kraju u odnosu na početak treće vježbe je statistički značajan. Tablica 7 prikazuje dobivene vrijednosti.

*Tablica 7: Vrijednosti temperature m. biceps brachii desne ruke kod treće vježbe*

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
Min. temperatura prije aktivacije	32,05°C	1,3°C	34,3°C	29,5°C
Min. temperatura poslije aktivacije	32,07°C	1,47°C	34,3°C	28,7°C
Max. temperatura prije aktivacije	34,25°C	0,79°C	35,7°C	32,5°C
Max. temperatura poslije aktivacije	34,67°C	0,76°C	36°C	33,4°C
Vrijeme potrebno za 10 ponavljanja	26,33s	7,15s	40,52s	11,88s



#### 4.2.2. Promjene temperature lijeve ruke

Na početku prve vježbe minimalna izmjerena temperatura m. biceps brachii lijeve ruke iznosila je  $31,62^{\circ}\text{C} \pm 1,26^{\circ}\text{C}$ , a na kraju nakon ponavljanja vježbe 10 puta, minimalna temperatura je iznosila  $31,64^{\circ}\text{C} \pm 1,28^{\circ}\text{C}$ . Maksimalna izmjerena temperatura na lijevoj ruci na početku prve vježbe iznosila je  $33,5^{\circ}\text{C} \pm 0,97^{\circ}\text{C}$  dok je na kraju iznosila  $33,9^{\circ}\text{C} \pm 0,87^{\circ}\text{C}$ . Vrijeme koje je bilo potrebno ispitanicima da naprave 10 ponavljanja ove vježbe iznosi  $23,74\text{s} \pm 7,71\text{s}$  u rasponu od 8,6s do 38,04s. Studentski t-test pokazao je kako su razlike u temperaturi na kraju u odnosu na početku prve vježbe, i minimalna i maksimalna, slučajne, tj. da nisu statistički značajne. Vrijednosti dobivene termo-video analizom prikazane su u tablici 8.

Tablica 8: Vrijednosti temperature m. biceps brachii lijeve ruke kod prve vježbe

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
Min. temperatura prije aktivacije	31,62°C	1,26°C	33,6°C	28,5°C
Min. temperatura poslije aktivacije	31,64°C	1,28°C	33,6°C	28,5°C
Max. temperatura prije aktivacije	33,5°C	0,97°C	35°C	30,6°C
Max. temperatura poslije aktivacije	33,9°C	0,87°C	35,4°C	31,8°C
Vrijeme potrebno za 10 ponavljanja	23,74s	7,71s	38,04s	8,6s

Minimalne izmjerene vrijednosti temperature za m. biceps brachii lijeve ruke, na početku druge vježbe iznose  $31,86^{\circ}\text{C} \pm 1,22^{\circ}\text{C}$  dok na kraju druge vježbe iznose  $31,97^{\circ}\text{C} \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ . Maksimalne izmjerene vrijednosti temperature na početku druge vježbe za m. biceps brachii lijeve ruke iznose  $33,92^{\circ}\text{C} \pm 0,84^{\circ}\text{C}$ , a nakon 10 ponavljanja, tj. na kraju druge vježbe iznose  $34,56^{\circ}\text{C} \pm 0,86^{\circ}\text{C}$ . Vrijeme koje je bilo potrebno ispitanicima da izvedu ovu vježbu iznosi  $30,04\text{s} \pm 10,6\text{s}$ , u rasponu od  $13,88\text{s}$  do  $63,6\text{s}$ . Na temelju dobivenih vrijednosti, njihovih aritmetičkih sredina i standardnih devijacija rađen je studentski t-test. Razlika u minimalnoj temperaturi nije statistički značajna, no razlika od  $0,64^{\circ}\text{C}$  u maksimalnoj temperaturi je statistički značajna. Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 9.

*Tablica 9: Vrijednosti temperature m. biceps brachii lijeve ruke kod druge vježbe*

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
Min. temperatura prije aktivacije	$31,86^{\circ}\text{C}$	$1,22^{\circ}\text{C}$	$34,1^{\circ}\text{C}$	$28,8^{\circ}\text{C}$
Min. temperatura poslije aktivacije	$31,97^{\circ}\text{C}$	$1,3^{\circ}\text{C}$	$33,9^{\circ}\text{C}$	$28,5^{\circ}\text{C}$
Max. temperatura prije aktivacije	$33,92^{\circ}\text{C}$	$0,84^{\circ}\text{C}$	$35,6^{\circ}\text{C}$	$31,8^{\circ}\text{C}$
Max. temperatura poslije aktivacije	$34,56^{\circ}\text{C}$	$0,86^{\circ}\text{C}$	$36,1^{\circ}\text{C}$	$32^{\circ}\text{C}$
Vrijeme potrebno za 10 ponavljanja	$30,04\text{s}$	$10,6\text{s}$	$63,6\text{s}$	$13,88\text{s}$

Na početku treće vježbe, minimalna izmjerena temperatura m. biceps brachii lijeve ruke iznosile su  $32,02^{\circ}\text{C} \pm 1,35^{\circ}\text{C}$ , a nakon 10 ponavljanja minimalna temperatura je iznosila  $32,09^{\circ}\text{C} \pm 1,39^{\circ}\text{C}$ . Vrijednost maksimalne izmjerene temperature na početku treće vježbe iznosila je  $34,48^{\circ}\text{C} \pm 0,77^{\circ}\text{C}$  dok je na kraju treće vježbe maksimalna temperatura m. biceps brachii lijeve ruke iznosila  $34,75^{\circ}\text{C} \pm 0,83^{\circ}\text{C}$ . Vrijeme koje je ispitanicima bilo potrebno kako bi napravili 10 ponavljanja treće vježbe iznosi  $26,33\text{s} \pm 7,15\text{s}$ , u rasponu od 11,88s do 40,52s. Studentskim t-testom zaključeno je kako su razlike, i u minimalnoj, i maksimalnoj temperaturi slučajne i nisu statistički značajne. U tablici 10 prikazane su dobivene vrijednosti.

*Tablica 10: Vrijednosti temperature m. biceps brachii desne ruke kod treće vježbe*

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
Min. temperatura prije aktivacije	32,02°C	1,35°C	34°C	28,4°C
Min. temperatura poslije aktivacije	32,09°C	1,39°C	34,3°C	28,8°C
Max. temperatura prije aktivacije	34,48°C	0,78°C	35,6°C	32,4°C
Max. temperatura poslije aktivacije	34,75°C	0,83°C	36°C	33°C
Vrijeme potrebno za 10 ponavljanja	26,33s	7,15s	40,52s	11,88s

### 4.3. Vrijeme izvođenja vježbi i aktivacije m. biceps brachii

Na početku ispitivanja, svakom ispitaniku su pokazane 3 vježbe koje će izvoditi s trakom opterećenja 50N kako bi aktivirao mišić. U prvoj vježbi, ispitanik je traku stavio ispod stopala te ju uhvatio za krajeve sa supiniranim podlakticama i izvodio izoliranu fleksiju podlaktice kako bi se aktivirao m. biceps brachii koji izvodi taj pokret. Druga vježba je bila kombinacija supinacije i fleksije podlaktice. Ispitanici su, također, stajali na traci, no ovaj put podlaktice su bile u pronaciji pa se prvo izvodio pokret supinacije, a zatim pokret fleksije podlaktice. U trećoj vježbi, ispitanici su držali traku u rukama, nadlaktice su bile fiksirane uz trup te su izvodili pokret supinacije tako što su razvlačili traku u stranu. Za svaku vježbu je bilo važno da se ponovi 10 puta te je mjereno vrijeme u sekundama, koje je bilo potrebno svakom ispitaniku da izvede svaku vježbu. Za sve 3 vježbe zajedno bilo je potrebno  $80,11s \pm 22,09s$ , u rasponu od 34,36s do 124,72s. Vrijeme potrebno za izvođenje prve vježbe iznosi  $23,75s \pm 7,71s$ , u rasponu od 8,6s do 38,04s. Druga vježba izvedena je za  $30,04s \pm 10,6s$ , u rasponu od 13,88s do 63,6s. Vrijeme koje je bilo potrebno da se napravi 10 ponavljanja treće vježbe bilo je  $26,33s \pm 7,15s$ , u rasponu od 11,88s do 40,52s. Tablica 11 prikazuje vrijeme koje je bilo potrebno za izvođenje vježbi.

Tablica 11: Vrijeme potrebno za izvedbu zadane 3 vježbe

	Aritmetička sredina	SD	Min. vrijednost	Max. Vrijednost
Vrijeme prve vježbe	23,75s	7,71s	8,6s	38,04s
Vrijeme druge vježbe	30,04s	10,6s	13,88s	63,6s
Vrijeme treće vježbe	26,33s	7,15s	11,88s	40,52s
Ukupno vrijeme	80,11s	22,09s	34,36s	124,72s

#### 4.4. Razlika između dominantne i nedominantne ruke

Od 30 ispitanika, 28 se izjasnilo kao dešnjaci. Minimalna izmjerena temperatura m. biceps brachii dominantne ruke prije aktivacije mišića iznosila je  $31,85^{\circ}\text{C} \pm 1,09^{\circ}\text{C}$ , a nakon aktivacije m. biceps brachii iznosila je  $32,03^{\circ}\text{C} \pm 1,43^{\circ}\text{C}$ . Razlika u minimalnoj izmjerenoj temperaturi dominantne ruke iznosi  $0,18^{\circ}\text{C} \pm 0,69^{\circ}\text{C}$ , u rasponu od  $-1,3^{\circ}\text{C}$  do  $1,7^{\circ}\text{C}$ . Studentski t-test je pokazao kako to nije statistički značajna razlika. Prije aktivacije m. biceps brachii, maksimalna izmjerena temperatura na dominantnoj ruci iznosila je  $33,41^{\circ}\text{C} \pm 1,09^{\circ}\text{C}$  dok je nakon aktivacije ona iznosila  $34,63^{\circ}\text{C} \pm 0,82^{\circ}\text{C}$ . Studentski t-test je pokazao kako je razlika od  $1,22^{\circ}\text{C} \pm 0,56^{\circ}\text{C}$  statistički značajna razlika. Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 12.

Tablica 12: Vrijednosti prije i nakon aktivacije m. biceps brachii dominantne ruke

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
Min. temperatura prije aktivacije	$31,85^{\circ}\text{C}$	$1,41^{\circ}\text{C}$	$34,4^{\circ}\text{C}$	$29^{\circ}\text{C}$
Min. temperatura poslije aktivacije	$32,03^{\circ}\text{C}$	$1,43^{\circ}\text{C}$	$34,2^{\circ}\text{C}$	$29^{\circ}\text{C}$
Max. temperatura prije aktivacije	$33,41^{\circ}\text{C}$	$1,09^{\circ}\text{C}$	$35,4^{\circ}\text{C}$	$31,3^{\circ}\text{C}$
Max. temperatura poslije aktivacije	$34,63^{\circ}\text{C}$	$0,82^{\circ}\text{C}$	$36,6^{\circ}\text{C}$	$33,4^{\circ}\text{C}$

Prije aktivacije m. biceps brachii nedominantne ruke, minimalna izmjerena temperatura bila je  $31,8^{\circ}\text{C} \pm 1,38^{\circ}\text{C}$  dok je nakon aktivacije mišića minimalna temperatura m. biceps brachii nedominantne ruke iznosila  $32,13^{\circ}\text{C} \pm 1,41^{\circ}\text{C}$ . Razlika u temperaturi od  $0,33^{\circ}\text{C} \pm 0,56^{\circ}\text{C}$  nije statistički značajna razlika. Maksimalna izmjerena temperatura m. biceps brachii nedominantne ruke prije aktivacije iznosila je  $33,54^{\circ}\text{C} \pm 1,07^{\circ}\text{C}$ , a nakon aktivacije ona je iznosila  $34,61^{\circ}\text{C} \pm 0,91^{\circ}\text{C}$ . Razlika u maksimalnoj izmjerenoj temperaturi m. biceps brachii iznosi  $1,07^{\circ}\text{C} \pm 0,53^{\circ}\text{C}$ , u rasponu od  $0,2^{\circ}\text{C}$  do  $2,1^{\circ}\text{C}$ . Studentskim t-testom zaključeno je da je ta razlika statistički značajna. Tablica 13 prikazuje dobivene vrijednosti.

Usporedbom razlike dominantne i nedominantne ruke ustanovljeno je da je razlika u prirastu temperature slučajna, tj. da nije statistički značajna.

*Tablica 13: Vrijednosti prije i nakon aktivacije m. biceps brachii nedominantne ruke*

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
Min. temperatura prije aktivacije	$31,8^{\circ}\text{C}$	$1,38^{\circ}\text{C}$	$33,8^{\circ}\text{C}$	$28,8^{\circ}\text{C}$
Min. temperatura poslije aktivacije	$32,13^{\circ}\text{C}$	$1,41^{\circ}\text{C}$	$34,7^{\circ}\text{C}$	$29^{\circ}\text{C}$
Max. temperatura prije aktivacije	$33,54^{\circ}\text{C}$	$1,07^{\circ}\text{C}$	$35,2^{\circ}\text{C}$	$31,2^{\circ}\text{C}$
Max. temperatura poslije aktivacije	$34,61^{\circ}\text{C}$	$0,91^{\circ}\text{C}$	$36,6^{\circ}\text{C}$	$32,9^{\circ}\text{C}$

#### 4.5. Razlika u prirastu temperature između žena i muškaraca

Za desnu ruku kod žena, na početku, tj. prije aktivacije m. biceps brachii, minimalna izmjerena temperatura iznosi  $31,67^{\circ}\text{C} \pm 1,35^{\circ}\text{C}$  dok je nakon aktivacije mišića minimalna temperatura iznosila  $31,77^{\circ}\text{C} \pm 1,39^{\circ}\text{C}$ . Razlika od  $0,1^{\circ}\text{C}$  kod minimalne temperature mišića žena na desnoj ruci nije statistički značajna. Kod muškaraca, minimalna temperatura m. biceps brachii desne ruke prije aktivacije iznosila je  $32,31^{\circ}\text{C} \pm 1,06^{\circ}\text{C}$ , a nakon aktivacije ona je iznosila  $32,83^{\circ}\text{C} \pm 0,91^{\circ}\text{C}$ . Razlika od  $0,52^{\circ}\text{C} \pm 0,63^{\circ}\text{C}$  kod muškaraca na desnom m. biceps brachii nije statistički značajna razlika. Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 14.

Usporedbom prirasta minimalne temperature m. biceps brachii desne ruke između muškaraca i žena zaključeno je kako ne postoji statistički značajna razlika u prirastu temperature aktivacijom mišića između spolova.

Tablica 14: Vrijednosti minimalne temperature prije i nakon aktivacije m. biceps brachii desne ruke za žene i muškarce

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
(Ž) Min. temperatura prije aktivacije	$31,67^{\circ}\text{C}$	$1,35^{\circ}\text{C}$	$33,7^{\circ}\text{C}$	$29^{\circ}\text{C}$
(Ž) Min. temperatura poslije aktivacije	$31,77^{\circ}\text{C}$	$1,39^{\circ}\text{C}$	$34,2^{\circ}\text{C}$	$29^{\circ}\text{C}$
(M) Min. temperatura prije aktivacije	$32,31^{\circ}\text{C}$	$1,06^{\circ}\text{C}$	$34,4^{\circ}\text{C}$	$30,2^{\circ}\text{C}$
(M) Min. temperatura poslije aktivacije	$32,83^{\circ}\text{C}$	$0,91^{\circ}\text{C}$	$34,1^{\circ}\text{C}$	$30,8^{\circ}\text{C}$

Prije aktivacije m. biceps brachii lijeve ruke, minimalna izmjerena temperatura kod žena iznosila je  $31,59^{\circ}\text{C} \pm 1,55^{\circ}\text{C}$ , a nakon aktivacije mišića vježbanjem, minimalna izmjerena temperatura kod žena je iznosila  $31,82^{\circ}\text{C} \pm 1,54^{\circ}\text{C}$ . Razlika od  $0,23^{\circ}\text{C} \pm 0,59^{\circ}\text{C}$  nije statistički značajna razlika. Kod muškaraca, minimalna izmjerena temperatura m. biceps brachii lijeve ruke prije aktivacije iznosila je  $32,24^{\circ}\text{C} \pm 0,88^{\circ}\text{C}$ , a nakon aktivacije ona je iznosila  $32,75^{\circ}\text{C} \pm 0,83^{\circ}\text{C}$ . Studentskim t-testom zaključeno je kako razlika od  $0,51^{\circ}\text{C} \pm 0,45^{\circ}\text{C}$  nije statistički značajna razlika. Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 15.

Prirast minimalne temperature m. biceps brachii lijeve ruke nije statistički značajan u usporedbi muškaraca i žena.

*Tablica 15: Vrijednosti minimalne temperature prije i nakon aktivacije m. biceps brachii lijeve ruke za žene i muškarce*

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
(Ž) Min. temperatura prije aktivacije	31,59°C	1,55°C	33,3°C	28,8°C
(Ž) Min. temperatura poslije aktivacije	31,82°C	1,54°C	34,7°C	29°C
(M) Min. temperatura prije aktivacije	32,24°C	0,88°C	33,8°C	30,5°C
(M) Min. temperatura poslije aktivacije	32,75°C	0,83°C	33,6°C	31°C



Na početku, tj. prije aktivacije m. biceps brachii desne ruke, maksimalna izmjerena temperatura kod žena je iznosila  $33,25^{\circ}\text{C} \pm 1,06^{\circ}\text{C}$ , a nakon aktivacije m. bicepsa brachii desne ruke kod žena, izmjerena je maksimalna temperatura od  $34,35^{\circ}\text{C} \pm 0,71^{\circ}\text{C}$ . Razlika od  $1,1^{\circ}\text{C} \pm 0,65^{\circ}\text{C}$ , u rasponu od  $0,5^{\circ}\text{C}$  do  $2,3^{\circ}\text{C}$ , je statistički značajna razlika. Za muškarce, maksimalna temperatura m. biceps brachii desne ruke prije aktivacije iznosila je  $34,16^{\circ}\text{C} \pm 0,98^{\circ}\text{C}$ . Nakon aktivacije m. biceps brachii desne ruke maksimalna temperatura mišića kod muškaraca iznosila je  $35,2^{\circ}\text{C} \pm 0,87^{\circ}\text{C}$ . Razlika od  $1,04^{\circ}\text{C} \pm 0,44^{\circ}\text{C}$ , u rasponu od  $0,5^{\circ}\text{C}$  do  $1,9^{\circ}\text{C}$  je statistički značajna razlika. Tablica 16 prikazuje dobivene vrijednosti.

Kada se uspoređuje prirast maksimalne temperature između žena i muškaraca dolazi se do zaključka kako je razlika slučajna, tj. nije statistički značajna.

*Tablica 16: Vrijednosti maksimalne temperature prije i nakon aktivacije m. biceps brachii desne ruke za žene i muškarce*

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
(Ž) Max. temperatura prije aktivacije	$33,25^{\circ}\text{C}$	$1,06^{\circ}\text{C}$	$35,3^{\circ}\text{C}$	$31,3^{\circ}\text{C}$
(Ž) Max. temperatura poslije aktivacije	$34,35^{\circ}\text{C}$	$0,71^{\circ}\text{C}$	$35,9^{\circ}\text{C}$	$33,4^{\circ}\text{C}$
(M) Max. temperatura prije aktivacije	$34,16^{\circ}\text{C}$	$0,98^{\circ}\text{C}$	$36^{\circ}\text{C}$	$32,9^{\circ}\text{C}$
(M) Max. temperatura poslije aktivacije	$35,2^{\circ}\text{C}$	$0,87^{\circ}\text{C}$	$36,6^{\circ}\text{C}$	$34^{\circ}\text{C}$

Prije aktivacije m. biceps brachii lijeve ruke, kod žena, izmjerena maksimalna temperatura mišića iznosila je  $33,3^{\circ}\text{C} \pm 1,02^{\circ}\text{C}$ . Nakon aktivacije mišića, maksimalna temperatura m. biceps brachii lijeve ruke kod žena iznosila je  $34,33^{\circ}\text{C} \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ . Studentskim t-testom zaključeno je kako je razlika od  $1,04^{\circ}\text{C} \pm 0,54^{\circ}\text{C}$ , u rasponu od  $0,2^{\circ}\text{C}$  do  $2,1^{\circ}\text{C}$ , statistički značajna razlika. Maksimalna temperatura m. biceps brachii lijeve ruke prije aktivacije, kod muškaraca je iznosila  $34,05^{\circ}\text{C} \pm 1,05^{\circ}\text{C}$ , a nakon aktivacije mišića, maksimalna temperatura je bila  $35,19^{\circ}\text{C} \pm 0,89^{\circ}\text{C}$ . Razlika od  $1,14^{\circ}\text{C} \pm 0,51^{\circ}\text{C}$ , u rasponu od  $0,4^{\circ}\text{C}$  do  $1,9^{\circ}\text{C}$ , je statistički značajna razlika. Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 17.

Računanjem studentskog t-testa prirastom temperature kod žena i muškaraca zaključeno je kako je razlika u prirastu temperature između spolova slučajna te da nije statistički značajna.

*Tablica 17: Vrijednosti maksimalne temperature prije i nakon aktivacije m. biceps brachii lijeve ruke za žene i muškarce*

	Aritmetička sredina	SD	Max. izmjerena vrijednost	Min. izmjerena vrijednost
(Ž) Max. temperatura prije aktivacije	33,3°C	1,02°C	34,9°C	31,2°C
(Ž) Max. temperatura poslije aktivacije	34,33°C	0,8°C	35,8°C	32,9°C
(M) Max. temperatura prije aktivacije	34,05°C	1,05°C	35,8°C	32,6°C
(M) Max. temperatura poslije aktivacije	35,19°C	0,89°C	36,6°C	33,9°C

## 5. RASPRAVA

Literatura i istraživanja koja se bave termografijom mišića većinom se bave procesom zagrijavanja mišića prije fizičke aktivnosti ili procesima i brzinom hlađenja nakon aktivnosti. No ipak, u proteklih desetak godina objavljeno je nekoliko istraživanja o termografiji i povećanju temperature mišića aktivnošću. Najviše istraživanja je na području sporta jer u sportu ima više novaca nego u kliničkoj praksi pa se lakše financira oprema potrebna za provođenje termo analize.

Flouris, Webb i Kenny (27) su proveli istraživanje na vastus lateralisu, triceps brachii te trapeziusu tijekom odmora, vježbe te nakon vježbanja. Koristili su *insulation disk* (iDISK) tehnologiju. Njihovi rezultati pokazuju kako su razlike u temperaturi tijekom odmora te za vrijeme vježbanja statistički značajne. Krivulja rasta temperature tijekom vježbanja je u istraživanju bila linearna. Prirast temperature kojeg su autori uočili kod m. triceps brachii bio je do 1,5°C dok je kod vastusa medialis taj prirast bio oko 3,5°C. Jedan od zaključaka do kojeg su autori došli ovim istraživanjem je taj da mišići koji se nalaze proksimalnije u tijelu imaju manji prirast temperature od distalnih mišića. Iako autori navode kako je njihova tehnologija neinvazivna, ovo istraživanje je upotrijebilo još neinvazivniju metodu. Sonda u obliku iDISK-a se postavlja na kožu dok kod termografije nema nikakvog kontakta kamere i kože ispitanika.

Bell i Ferguson (1) su u svoje istraživanje uključili mlađe i starije žene te su željeli istražiti razliku u prirastu temperature i efikasnosti mišićne aktivnosti. Uočili su da je početna temperatura mišića bila viša kod starijih žena nego kod mlađih žena. No rezultati pokazuju kako se aktivacijom mišića njihova temperatura skoro izjednačila. Tj. žene mlađe dobi su imale veći prirast temperature od starijih žena. Autori su kao jedno od mjerila uključili broj otkucaja srca u minuti koji se povećao za do 40% kod jedne i druge skupine žena. Prirast temperature Zaključak istraživanja je kako povećanje temperature mišića utječe na mehaničku efikasnost mišićne kontrakcije. Razlike u temperaturi prije vježbanja i nakon vježbanja su se pokazale statistički značajnima. Također, fiziološki odgovor tijela i povećanje broja otkucaja srca su u korelaciji s dobi žena. Autori to objašnjavaju fiziološkim promjenama na mišićnim vlaknima koje nastupaju starenjem.

Yoschicka i suradnici (28) su radili istraživanje prirasta temperature mišića uz pomoć  $^1\text{H}$ -jezgri spektroskopse magnetske rezonance, vode, karnozina i kreatina. Koristeći kemijske promjene uzrokovane vodom i karnozinom, autori su odredili temperaturu m. gastrocnemiusa i m. soleusa. Jedna od stvari koju su autori promatrali je ta kako temperatura okoline utječe na prirast temperature aktivacijom mišića. Njihovi rezultati pokazuju kako je pri sobnoj temperaturi od  $20^\circ\text{C}$  do  $25^\circ\text{C}$  prirast temperature bio  $1,9^\circ\text{C} \pm 1,1^\circ\text{C}$ . Na višoj temperaturi, tj. temperaturi okoliša od  $40^\circ\text{C}$  prirast temperature bio  $0,63^\circ\text{C} \pm 0,01^\circ\text{C}$ . Temperatura m. gastrocnemiusa poslije vježbanja bila je  $35,5^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$  dok je temperatura m. soleusa bila  $37,4^\circ\text{C} \pm 0,6^\circ\text{C}$ . Statističkom obradom podataka, autori su vidjeli kako je ta razlika između dva mišića koji čine m. triceps surae statistički značajna. Također, na temelju rezultata su zaključili kako je razlika u prirastu temperature između sobne i više temperature statistički značajna. Kada su promatrali razliku u ukupnoj temperaturi mišića i promjeni temperature, autori su zaključili kako je m. gastrocnemius znatno više osjetljiv na temperaturu okoline od m. soleusa. Zaključak ovog istraživanja je kako postoji povezanost temperature okoline i prirasta temperature mišića prilikom vježbanja i odmora.

Saltin, Gagge i Stolwijk (7) su jedni od prvih autora koji su istraživali proces zagrijavanja mišića tijekom vježbanja. Njihov rad iz 1968. godine je aktualan još i danas i često se koristi u novijim istraživanjima. Oni su istraživanje radili na samo 4 ispitanika, no njihovi rezultati su bili dovoljni kako bi se došlo do nekih zaključaka koji do tada nisu bili poznati. Autori su promatrali temperaturu mišića intenzivno u prvih 15 minuta vježbanja, a nakon toga su svakih 15 minuta unutar sat vremena promatrali koja je temperatura mišića i kože te koliko je osoba oznojena. Rezultati su pokazali kako se u prve 3 minute vožnje bicikla pri temperaturama od  $10^\circ\text{C}$  i  $20^\circ\text{C}$ , temperatura mišića povećala za  $0,65^\circ\text{C}$ , a pri temperaturi od  $30^\circ\text{C}$ , temperatura mišića se povećala za  $0,95^\circ\text{C}$ . Također, autori navode kako je temperatura mišića u prvoj minuti maksimalno povećana za  $2^\circ\text{C}$  dok je nakon 10 minuta vježbanja, temperatura mišića počela opadati te je nakon 20 minuta ona pala za  $1^\circ\text{C}$ . Autori to objašnjavaju da se nakon 10 minuta vožnje bicikla tijelo počelo hladiti, tj. da je započeo fiziološki odgovor tijela na prirast temperature u mišićima. Zaključak do kojeg su autori došli je da su inicijalni brzi rast temperature i početak znojenja međusobno povezani, no autorima je teško bilo odrediti u kojoj mjeri i koliko prirast temperature utječe na količinu i brzinu izlučivanja znoja.

Mohr i suradnici (29) su u svom istraživanju promatrali promjenu temperature m. quadricepsa tijekom nogometne utakmice. Rezultati su pokazali kako je prije utakmice temperatura mišića bila  $36^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  te se povećala na  $37,4^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  do kraja prvog poluvremena. Do kraja drugog poluvremena, tj. utakmice temperatura m. quadricepsa se povećala na  $39,2^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ . Autori su uočili kako je 5 minuta od početka drugog poluvremena temperatura mišića imala manji prirast nego 5 minuta od početka prvog poluvremena. Za vrijeme odmora između poluvremena, temperatura m. quadricepsa se smanjila za  $1,7^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ . Ta razlika se pokazala statistički značajnom, jednako kao i razlika u prirastu temperature u prvih 5 minuta između poluvremena. Na temelju dobivenih rezultata, autori nisu uspjeli povezati prirast temperature mišića i smanjenje performansa tijekom sprinta kod nogometaša. Kao zaključak svog istraživanja, autori su naveli da je sam prirast temperature mišića značajan no da ne postoji korelacija sa značajnim smanjenjem performansi do kraja nogometne utakmice.

Istraživanje koje sam provela 2019. radeći termografiju m. tricepsa surae (30) gdje sam htjela istražiti utjecaj vježbanja na temperaturu m. tricepsa surae koristila se metoda termografije u obliku termo fotografija. Rezultati pokazuju kako postoji razlika između početne i završne temperature, također rezultati pokazuju kako se kod većine ispitanika maksimalna temperatura izmjerena unutar mišića povećala dok se minimalna temperatura unutar mišića smanjila kod više ispitanika nego što se povećala. Najtoplija točka mišića ostala je na istom mjestu dok je najhladnija točka "promijenila" mjesto. Postoji razlika u prirastu temperature između lijeve i desne noge i to tako da je prirast bio veći na lijevom m. triceps surae, no ta razlika između nogu nije bila statistički značajna. Žene su imale nižu temperaturu m. triceps surae u mirovanju od muškaraca te isto tako imaju veći prirast temperature od muškaraca i u minimalnoj i maksimalnoj temperaturi. Početna temperatura ispitanika u treningu bila je viša, a prirast temperature vježbanjem je bio manji u odnosu na ispitanike koji nisu bili u aktivnom treningu. Također ispitanicima koji su u treningu bilo je potrebno manje vremena kako bi aktivirali mišić. Razlike u prirastu temperature između ispitanika u treningu i ispitanika koji nisu u treningu je statistički značajna. Zaključak istraživanja je taj da postoji razlika u temperaturi m. tricepsa surae između spolova te između osoba u treningu i osoba koje nisu u aktivnom treningu.

Kao što je bilo pretpostavljeno prije samog provođenja istraživanja, aktivacijom m. biceps brachii vježbanjem došlo je do povećanja temperature mišića. Statističkom analizom je, također, ustanovljeno kako je taj prirast statistički značajni. Prirast temperature je veći na desnoj ruci nego na lijevoj ruci dok je temperatura u mirovanju bila veća za m. biceps brachii lijeve ruke. Ta razlika između ruku se pokazala slučajnom te nema statističku značajnost. Maksimalna temperatura m. biceps brachii, se na obje ruke statistički značajno povećala dok se minimalna temperatura kod nekih ispitanika smanjila pa tako promjene u minimalnoj temperaturi nisu se pokazale statistički značajnima niti za lijevu niti desnu ruku. Pošto su ispitanici vježbali pri sobnoj temperaturi, tj. pri temperaturi od 20°C, rezultati se slažu sa rezultatima i zaključcima istraživanja koje su proveli Flouris, Webb i Kenny (27) te Yoschicka i suradnici (28). U njihovim radovima prirast temperature je bio 1,5°C (27) odnosno 1,9°C ± 1,1°C (28). Na m. biceps brachii u ovom istraživanju prirast temperature je bio 1,07°C za lijevu ruku te 1,22°C za desnu ruku.

Rezultati provedenog istraživanja pokazuju kako prirast temperature tijekom prve vježbe nije statistički značajan niti na jednoj ruci. Razlog tome je što se mišić još nije dovoljno aktivirao i toplina koja je stvorena mehaničkim radom još nije došla do stanica. Tijekom druge vježbe, pak, mišić se već dovoljno aktivirao te je prirast temperature tijekom te vježbe dovoljan da se mišić zagrijao na statistički značajnoj bazi. Zanimljivo je što je prirast tijekom treće vježbe na desnoj ruci statistički značajan dok prirast temperature na lijevoj ruci nije statistički značajan. Iako je statistička obrada podataka pokazala kako ne postoji korelacija između dominantne ruke i prirasta temperature aktivacijom mišića, to se može objasniti činjenicom da su većina ispitanika dešnjaci. Vrijeme koje je bilo potrebno ispitanicima da ponove svaku vježbu 10 puta i prirast temperature prilikom te vježbe nisu povezani. Iako je nekim ispitanicima trebalo manje od minuta da naprave sve 3 vježbe, a nekim je ispitanicima trebalo više od 3 minute, statistička obrada podatka pokazale je kako ne postoji korelacija između te dvije skupine podataka. Također razlike između vremena potrebnih da se odrade vježbe su slučajne i nisu se pokazale statistički značajnima. U prilog činjenici da je prirast temperature najveći tijekom druge vježbe idu i zaključci istraživanja kojeg su proveli Saltin, Gagge i Stolwijk (7).

U prijašnjem radu (30) početna temperatura mišića kod žena je bila niža, no prirast temperature je bio veći kada se radilo o m. triceps surae. Rezultati ovog istraživanja na m. biceps brachii pokazuju sličnosti kod početne temperature jer je početna temperatura mišića kod žena niža nego kod muškaraca. Prirast temperature aktivacijom m. biceps brachii veći je kod muškaraca nego kod žena dok je kod m. triceps surae prirast temperature veći kod žena. Također ako se gledaju početne maksimalne temperature m. triceps surae žena i muškaraca razlika je manja od 0,4°C (30) dok je razlika u početnoj maksimalnoj temperaturi m. biceps brachii oko 1°C. Berryman Reese (2) u svojoj knjizi navodi kako mišići koji se nalaze proksimalnije u tijelu imaju veću početnu temperaturu tijela. M. biceps brachii se nalazi proksimalnije od m. triceps surae pa nije neuobičajeno što je početna temperatura, pa tako i razlika između spolova veća kod m. biceps brachii nego kod m. triceps surae.

Ispitanicima je prije početka termografije izmjeren opseg lijeve te desne nadlaktice. Nakon provođenja termografije, uzeti su rezultati oba mjerenja te je gledano da li i koliko opseg m. biceps brachii utječe na prirast temperature aktivacijom mišića vježbanjem. Statističkom analizom došlo se do zaključka kako nema povezanosti između opsega mišića, tj. nadlaktice i prirasta temperature niti na jednoj ruci. Također razlike u opsegu između dominantne i nedominantne ruke su bile između 0cm i 1,5cm no ta razlika u opsegu se nije pokazala statistički značajnom. Čitanjem literature, nisam naišla na radove koji pokušavaju povezati opseg mišića i temperaturu mišića.

Bell i Ferguson (1) su kao jedan od parametara u svojem istraživanju koristili broj otkucaja srca. Njihovi zaključci i rezultati ovog istraživanja se slažu. U ovom istraživanju, izvođenjem 10 ponavljanja 3 vježbe broj otkucaja srca u minuti se statistički značajno povećao. Njihovim ispitanicama, istraživanjem su uključili samo žene, se broj otkucaja srca povećao za do 40%, a u ovom istraživanju se broj otkucaja povećao za 11%. Razlika je u tome što su oni promatrali vježbanje kroz sat vremena dok je moje istraživanje uključivalo od 40 sekundi do 3 minute vježbanja, ovisno o ispitanikovom tempu izvođenja vježbi.

U istraživanju Mohra i suradnika (29) promjene temperature tijekom prvih 5 minuta prvog poluvremena su bile veće nego promjene tijekom prvih 5 minuta drugog poluvremena. Kod njih je odmor između poluvremena bio 15 minuta, a u ovom istraživanju vrijeme između dvije vježbe nije bilo veće od 30 sekundi, ovisno koliko je

trebalo ispitaniku da se pripremi za izvođenje slijedeće vježbe. Pa tako kada se gledaju temperature na kraju jedne te na početku slijedeće vježbe postoje male razlike. Temperatura mišića je pala za do  $0,3^{\circ}\text{C}$  između kraja jedne i početka slijedeće vježbe. Najveći prirast temperature se dogodio između 45. i 60. sekunde, no kod svih ispitanika najveći porast je bio tijekom druge vježbe koja je bila kombinacija dva pokreta koje izvodi m. biceps brachii. Razlog tome može biti što se mišić najviše aktivirao jer je izvodio dva pokreta, no isto tako razlog može biti, kao što Edwards i suradnici (16) govore da do najznačajnijeg prirasta temperature mišića dolazi u prvoj minuti vježbanja.

Iako literatura govori o termografiji kao lako dostupnoj, neinvazivnoj i jeftinoj metodi, ja smatram da to nije točno, barem ne na području medicine i ne u Hrvatskoj. Kvalitetne termo kamere su veoma skupe jer im je cijena više desetaka tisuća eura što si bolnice i poliklinike baš i ne mogu priuštiti. U sportu pak, gdje ima više sponzora i samim time novaca, ima i više primjene metode termografije. Termografija je brza i lako prenosiva metoda, no treba biti oprezan kod namještanja kamere i kalibracije kako bi boje i temperatura bila što vjernija. Također, temperatura se ne može snimati preko odjeće pa ako se snima temperatura trupa, a ne ekstremiteta, osoba može osjećati neugodno i izloženo. Pošto sam snimala m. biceps brachii imala sam sreće što su ispitanici mogli biti u majci kratkih rukava i nisu morali skidati odjeću. Ipak, jednu ispitanicu sam morala isključiti iz istraživanja jer joj je nekoliko puta tijekom izvođenja vježbi rukav prekrpio m. biceps brachii pa očitavanja temperature koja sam dobila više nisu bila valjana.

Termografija i proces zagrijavanja mišića me, osobno, jako zanima no traženjem i čitanjem literature shvatila sam kako rijetki istraživači dijele moje mišljenje. Većina ispitivača, od onih koji su dovoljno "hrabri" da istražuju proces zagrijavanja i prirasta temperature mišića ne koristi termografiju već koriste druge metode koje iako su neinvazivne dolaze u kontakt s ispitanicima. Prednost termografije je u tome što ispitanik ne dotiče kameru već stoji na određenoj udaljenosti od nje. Također, kamera se ne mora micati s postavljenog mjesta već se leća kamere samo malo podigne ili spusti kako bi se prilagodila visini ispitanika.



## 6. ZAKLJUČAK

Temeljem rezultata dobivenih mjerenjem i analizom termalnih fotografija i videa došlo se do zaključka kako aktivacija mišića vježbanjem povećava maksimalnu temperaturu m. biceps brachii dok minimalna temperatura ostaje ista ili se, u nekim slučajevima, smanjuje. Hipoteze postavljene na početku su potvrđene rađenjem statističke analize na temelju dobivenih podataka i njihovim aritmetičkim sredinama. Postoji statistički značajna razlika u prirastu temperature uslijed aktivacije m. biceps brachii vježbom. Također, utvrđeno je kako ne postoji statistički značajna razlika u prirastu temperature kada se uspoređuje prirast temperature dominantne i nedominantne ruke. Statistička razlika ne postoji niti u prirastu temperature kada se uspoređuju spolovi, niti na lijevoj niti na desnoj ruci.

Ovim istraživanjem pokazalo se kako je termografija jednostavna metoda za utvrđivanje temperature mišića kao prije i nakon vježbanja tako i tijekom izvođenja vježbi.

## LITERATURA

1. Bell MP, Ferguson RA. Interaction between muscle temperature and contraction velocity affects mechanical efficiency during moderate-intensity cycling exercise in young and older women. *J Appl Physiol* (1985)., dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2756006/> (pristupljeno: 14.5.2021.)
2. Berryman Reese Nancy, Muscle and Sensory Testing, treće izdanje, Elsevier, St. Louis, Missouri, SAD, 2012.
3. Clark RP, Mullan BJ, Pugh LG. Skin temperature during running--a study using infra-red colour thermography. *J Physiol*. 1977 May; dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/874861/> (pristupljeno: 14.5.2021.)
4. González-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol* (1985). 1999 Mar; dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10066720/> (pristupljeno: 16.5.2021.)
5. Febbraio MA. Does muscle function and metabolism affect exercise performance in the heat? *Exerc Sport Sci Rev*. 2000 Oct; dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11064851/> (pristupljeno: 14.5.2021.)
6. Arthur C. Guyton, Fiziologija čovjeka i mehanizmi bolesti, peto izdanje, Medicinska naklada, Zagreb 1995.
7. B. Saltin, A.P. Gagge, J.A.J. Stolwijk, Muscle temperature during submaximal exercise in men, *Journal of applied phycology*, vol.25, no.6, dec. 1968., dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/17459260\\_Muscle\\_temperature\\_during\\_ximal\\_exercise\\_in\\_man](https://www.researchgate.net/publication/17459260_Muscle_temperature_during_ximal_exercise_in_man) (pristupljeno: 14.5.2021.)
8. Nadel ER: Temperature regulation and prolonged exercise. In Lamb DR, Murray R (eds): *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, vol 1. Carmel, IN, Benchmark, 1988, p 125
9. Werner J: Temperature regulation during exercise: An overview. In Lamb DR, Murray R (eds): *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, vol 1. Carmel, IN, Benchmark, 1988, p 49

10. Hodgson DR, Davis RE, McConaghy FF. Thermoregulation in the horse in response to exercise. *Br Vet J*. 1994 May-Jun; dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8044664/> (pristupljeno: 16.5.2021.)
11. Jones JH, Carlson GP. Estimation of metabolic energy cost and heat production during a 3-day-event. *Equine Vet J Suppl*. 1995 Nov dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8933081/> (pristupljeno: 16.5.2021.)
12. Lim CL, Byrne C, Lee JK. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Ann Acad Med Singap*. 2008 Apr; dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18461221/> (pristupljeno: 16.5.2021.)
13. Yoo Y, LaPradd M, Kline H, Zaretskaia MV, Behrouzvaziri A, Rusyniak DE, Molkov YI, Zaretsky DV. Exercise activates compensatory thermoregulatory reaction in rats: a modeling study. *J Appl Physiol* (1985). 2015 Dec 15; dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4683350/> (pristupljeno: 16.5.2021.)
14. Geor RJ, McCutcheon LJ. Thermoregulatory adaptations associated with training and heat acclimation. *Vet Clin North Am Equine Pract*. 1998 Apr;14, dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9561690/> (pristupljeno: 20.5.2021.)
15. Nosaka K, Sakamoto K, Newton M, Sacco P. Influence of Pre-Exercise Muscle Temperature on Responses to Eccentric Exercise. *J Athl Train*. 2004 Jun; dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15173863/> (pristupljeno: 16.5.2021.)
16. Edwards RH, Harris RC, Hultman E, Kaijser L, Koh D, Nordesjö LO. Effect of temperature on muscle energy metabolism and endurance during successive isometric contractions, sustained to fatigue, of the quadriceps muscle in man. *J Physiol*. 1972 Jan; dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5014103/> (pristupljeno: 20.5.2021.)
17. Racinais S, Cocking S, Périard JD. Sports and environmental temperature: From warming-up to heating-up. *Temperature (Austin)*. 2017 Aug 4; dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5605167/> (pristupljeno: 14.5.2021.)
18. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng*. 1998 Nov-Dec;

- dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9846937/> (pristupljeno: 14.5.2021.)
19. Kim JH, Park HM. Unilateral femoral arterial thrombosis in a dog with malignant mammary gland tumor: clinical and thermographic findings, and successful treatment with local intra-arterial administration of streptokinase. *J Vet Med Sci.* 2012 May; dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22185771/> (pristupljeno: 20.5.2021.)
20. Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. *J Vis Exp.* 2012 Jan, dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22297829/> (pristupljeno: 20.5.2021.)
21. Marins, Joao & Fernández Cuevas, Ismael & Arnaiz-Lastras, Javier & Fernandes, A.A. & Quintana, Manuel. (2015). Applications of Infrared Thermography in Sports. A Review. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Fisica y del Deporte.*, dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/286935481\\_Applications\\_of\\_Infrared\\_Thermography\\_in\\_Sports\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/286935481_Applications_of_Infrared_Thermography_in_Sports_A_Review) (pristupljeno: 16.5.2021.)
22. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors (Basel).* 2010; dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22399901/> (pristupljeno: 20.5.2021.)
23. Jose Ignacio Priego Quesada, *Application of Infrared Thermography in Sports Science*, Springer Nature, Switzerland, 2017.
24. Križan Z: *Pregled građe grudi, trbuha, zdjelice, noge i ruke*. Školska knjiga, Zagreb, 1989.
25. Bobinac D, i sur.: *Sustavna anatomija čovjeka*, Digital point, Rijeka 2007.
26. Bobinac D., *Osnove kineziologije, Analiza pokreta I stavova ljudskog tijela*, Fintrade & tours, Rijeka, 2010.
27. Flouris AD, Webb P, Kenny GP. Noninvasive assessment of muscle temperature during rest, exercise, and postexercise recovery in different environments. *J Appl Physiol* (1985). 2015 May 15; dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4436983/> (pristupljeno: 22.5.2021.)

28. Yoshioka, Yoshichika & Oikawa, Hiroshi & Kanbara, Yoshiyuki & Matsumura, Yutaka & Ehara, Shigeru & Inoue, Takashi. (2010). Noninvasive measurements of human muscle temperature and pH. The Journal of Physiological Sciences, dostupno na [https://www.researchgate.net/publication/295128711\\_Noninvasive\\_measurements\\_of\\_human\\_muscle\\_temperature\\_and\\_pH](https://www.researchgate.net/publication/295128711_Noninvasive_measurements_of_human_muscle_temperature_and_pH) (pristupljeno: 22.5.2021.)
29. Mohr M, Krstrup P, Nybo L, Nielsen JJ, Bangsbo J. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches--beneficial effect of re-warm-up at half-time. Scand J Med Sci Sports. 2004 Jun; dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15144355/> (pristupljeno: 22.5.2021.)
30. Kos P. TERMOANALIZA M.TRICEPSA SURAE PRIJE I NAKON VJEŽBANJA [Završni rad]. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci; 2019, dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:839841> (pristupljeno: 22.5.2021.)

## PRILOZI

Slika 1: Termo kamera FLIR A615 .....	15
Slika 2: Pozicija termo kamere za snimanje ispitanika .....	16
Slika 3: Prikaz termo fotografije.....	17
Tablica 1: Vrijednosti HR i SpO2 .....	18
Tablica 2: Vrijednosti opsega nadlaktica .....	19
Tablica 3: Vrijednosti prije i nakon aktivacije m. biceps brachii desne ruke.....	20
Tablica 4: Vrijednosti prije i nakon aktivacije m. biceps brachii lijeve ruke .....	21
Tablica 5: Vrijednosti temperature m. biceps brachii desne ruke kod prve vježbe ...	22
Tablica 6: Vrijednosti temperature m. biceps brachii desne ruke kod druge vježbe .	23
Tablica 7: Vrijednosti temperature m. biceps brachii desne ruke kod treće vježbe ..	24
Tablica 8: Vrijednosti temperature m. biceps brachii lijeve ruke kod prve vježbe .....	25
Tablica 9: Vrijednosti temperature m. biceps brachii lijeve ruke kod druge vježbe....	26
Tablica 10: Vrijednosti temperature m. biceps brachii desne ruke kod treće vježbe .	27
Tablica 11: Vrijeme potrebno za izvedbu zadane 3 vježbe .....	28
Tablica 12: Vrijednosti prije i nakon aktivacije m. biceps brachii dominantne ruke...	29
Tablica 13: Vrijednosti prije i nakon aktivacije m. biceps brachii nedominantne ruke .....	30
Tablica 14: Vrijednosti minimalne temperature prije i nakon aktivacije m. biceps brachii desne ruke za žene i muškarce.....	31
Tablica 15: Vrijednosti minimalne temperature prije i nakon aktivacije m. biceps brachii lijeve ruke za žene i muškarce .....	32
Tablica 16: Vrijednosti maksimalne temperature prije i nakon aktivacije m. biceps brachii desne ruke za žene i muškarce .....	33
Tablica 17: Vrijednosti maksimalne temperature prije i nakon aktivacije m. biceps brachii lijeve ruke za žene i muškarce.....	34

## ŽIVOTOPIS

### Osobni podaci

Ime / Prezime **Petra Kos**  
Adresa(e) Antuna Vramca 5 42000 Varaždin, Hrvatska  
Telefonski broj(evi) Broj mobilnog telefona: +385 5910801  
91  
E-mail petra.kos@icloud.com  
Državljanstvo hrvatsko  
Datum rođenja 4.8.1996.  
Spol Ženski

### Radno iskustvo

Volontiranje

Vođenje vježbi za osobe starije životne dobi na Medicinskom fakultetu u Rijeci  
Asistent u PK Forca, Rijeka  
Rad u udruzi za ranu intervenciju Varaždinske županije

Stručna praksa

2017., Medical – centar za sportsku rehabilitaciju, Varaždin  
2018., OB Varaždin  
2019., Centar za rehabilitaciju Rijeka – Pulac, Medical – centar za sportsku rehabilitaciju, Varaždin

### Obrazovanje i osposobljavanje

Listopad 2019. - srpanj 2021. Fakultet zdravstvenih studija, Sveučilište u Rijeci, Rijeka  
Diplomski sveučilišni studij fizioterapije

Listopad 2016. – lipanj 2019. Fakultet zdravstvenih studija, Sveučilište u Rijeci, Rijeka  
Stručni studij fizioterapije

Rujan 2011. –svibanj 2015. Druga gimnazija Varaždin  
Smjer: Opća gimnazija

### Osobne vještine i kompetencije

Materinski jezik Hrvatski jezik

Drugi jezik(ci)  
Samoprocjena  
(Europska razina)

**engleski jezik**

**francuski jezik**

Razumijevanje		Govor		Pisanje	
Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija		
C1	C1	C1	C1	C1	C1
A2	A2	A2	A2	A2	A2