

# Priručnik za vježbe iz fiziologije sporta i vježbanja za fizioterapeute

---

**Davidović Cvetko, Erna**

**Educational content / Obrazovni sadržaj**

*Publication status / Verzija rada:* **Accepted version / Završna verzija rukopisa prihvaćena za objavljivanje (postprint)**

*Publication year / Godina izdavanja:* **2021**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:150:011020>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of University of Applied Sciences  
"Lavoslav Ružička" Vukovar](#)



# PRIRUČNIK ZA VJEŽBE FIZIOLOGIJA SPORTA I VJEŽBANJA ZA FIZIOTERAPEUTE

Erna Davidović Cvetko



Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

Vukovar, 2021.

**Erna Davidović Cvetko**

---

**PRIRUČNIK ZA VJEŽBE IZ  
FIZIOLOGIJE SPORTA I VJEŽBANJA ZA FIZIOTERAPEUTE**

*Izdavač:*

*VELEUČILIŠTE „LAVOSLAV RUŽIČKA“ U VUKOVARU*

*Za izdavača:*

*dr. sc. Željko Sudarić, prof. v. š.*

*Recenzenti:*

*prof. dr. sc. Ines Drenjančević*

*izv. prof. dr. sc. Ana Stupin*

*Lektorica:*

*Maja Celing Celić, prof. hr. jez. i knjiž.*

*Grafičko rješenje naslovnice:*

*Borovo graf Vukovar*

*Ovaj nastavni materijal predstavlja elektroničko izdanje priručnika iz predmeta Fiziologija sporta i vježbanja koji se izvodi na specijalističkom diplomskom stručnom studiju „Preventivna fizioterapija“. Priručnik je dostupan na mrežnim stranicama Veleučilišta „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru.*

*Objavljivanje priručnika odobrilo je Stručno vijeće Veleučilišta „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru na 53. elektroničkoj sjednici održanoj 4. lipnja 2021. godine (Odluka o odobrenju izdavanja elektroničkog izdanja, KLASA: 003-01/21-03/53, URBROJ: 2196-115/01-21-03).*

*ISBN 978-953-7734-34-3*

**VELEUČILIŠTE „LAVOSLAV RUŽIČKA“ U VUKOVARU**

**dr. sc. Erna Davidović Cvetko, v. pred.**

**PRIRUČNIK ZA VJEŽBE IZ  
FIZIOLOGIJE SPORTA I VJEŽBANJA  
ZA FIZIOTERAPEUTE**

**Vukovar, 2021.**

## **PREDGOVOR**

Priručnik je namijenjen studentima specijalističkog diplomskog stručnog studija „Preventivna fizioterapija“ kao nastavni materijal kolegija Fiziologija sporta i vježbanja i u potpunosti je napravljen prema trenutnom nastavnom planu i programu te uključuje vježbe koje se izvode u okviru ovog kolegija.

Priručnik se sastoji od pet poglavlja koja opisuju pet vježbi. Svako poglavlje nudi teoretski dio koji sadrži objašnjenje osnovnih pojmova i koncepata važnih za usvajanje znanja i ostvarenje planiranih ishoda učenja kroz vježbu te detaljne protokole i upute za praktično provođenje vježbe. Autorica je pokušala na razumljiv i konkretan način u svakoj vježbi postaviti ciljeve i objasniti načine za dostizanje tih ciljeva. Osim toga, uključena su i mjesta za upis rezultata vježbe: tablice za upis izmjerenih vrijednosti te ocjenu dostignutih ciljeva vježbe, kao i pitanja za provjeru stečenog znanja omogućujući tako evaluaciju i samoevaluaciju stečenog znanja studenta na vježbama. Vrlo sistematično napisan, uz prepoznatljivu strukturu koja se ponavlja kroz sva poglavlja, lak je i pristupačan za korištenje na vježbama.

Osim svoje osnovne namjene vođenja studenata kroz vježbe kolegija Fiziologija sporta i vježbanja, priručnik može poslužiti fizioterapeutima i ostalima zaposlenima u sportu i zdravstvu, da kroz opisane testove i mjerenja bolje razumiju fiziološke zakonitosti na kojima se opisana testiranja i mjerenja zasnivaju te primjenjujući ih unaprijede kvalitetu svog rada. U izvođenju opisanih vježbi koriste se moderni tehnološki alati, dizajnirani za olakšanje usvajanja znanja iz područja fiziologije čovjeka kao što je sustav Biopac Studentm Lab i analizatori sastava tjelesne mase koji rade na principu bioelektrične impedance. Stoga se može reći kako priručnik predstavlja suvremen pristup praktičnoj nastavi Fiziologije sporta i vježbanja uz korištenje modernih nastavnih tehnologija.

*Recenzenti*

# SADRŽAJ

<b>VJEŽBA 1: ANTROPOMETRIJA I MJERENJA METODOM BIOIMPEDANCE</b> .....	1
<b>CILJ VJEŽBE</b> .....	10
<b>IZVOĐENJE VJEŽBE</b> .....	10
<b>REZULTATI</b> .....	12
<b>VJEŽBA 2: ELEKTROMIOGRAFIJA</b> .....	15
<b>CILJ VJEŽBE</b> .....	17
<b>IZVOĐENJE VJEŽBE</b> .....	17
<b>REZULTATI</b> .....	21
Literatura.....	23
<b>VJEŽBA 3: CELERIMETRIJA - MJERENJE BRZINE SENZORIČKO MOTORIČKE REAKCIJE</b> .....	24
<b>CILJ VJEŽBE</b> .....	26
<b>IZVOĐENJE VJEŽBE</b> .....	26
<b>REZULTATI</b> .....	28
Literatura.....	30
<b>VJEŽBA 4: INDIRECTNA PROCJENA MAKSIMALNOG UTROŠKA KISIKA (<math>VO_{312max}</math>)</b> .....	31
<b>CILJ VJEŽBE</b> .....	32
<b>TEST 1: Astrandov test</b> .....	32
<b>TEST 2: Harvard step test</b> .....	36
<b>TEST 3: Cooper test</b> .....	38
<b>TEST 4: Određivanje maksimalnog utroška kisika na osnovi HRrest</b> .....	39
Literatura.....	42
<b>VJEŽBA 5: EUROFIT</b> .....	43
<b>CILJ VJEŽBE</b> .....	51
<b>IZVOĐENJE VJEŽBE</b> .....	51
<b>REZULTATI</b> .....	52
Literatura.....	54
<b>POPIS LITERATURE</b> .....	55
<b>POPIS SLIKA I TABLICA</b> .....	57

## VJEŽBA 1: ANTROPOMETRIJA I MJERENJA METODOM BIOIMPEDANCE

Antropometrija je metoda antropologije koja se bavi utvrđivanjem dimenzija ljudskog tijela i njihovim prosuđivanjem (definicija iz Hrvatske enciklopedije, 1999). Samo ime metode, nastalo od riječi *antropos* što znači čovjek i riječi *metrein* što znači mjeriti, govori o glavnim ciljevima i karakteru ove metode. Njezin osnovni cilj je standardiziranim mjerenjem kvantitativno okarakterizirati osobine tijela pojedinca i populacije kojoj pripada.

U antropometriji razlikujemo dvije vrste mjerenja: **statička** (mjere se dimenzije tijela koje miruje radi određivanja morfoloških karakteristika) i **dinamička** (mjere se varijable kod tijela u pokretu i temelje se na biomehanici).

Mjerenja se izvode na točno određenim standardnim mjestima na tijelu koja se zovu **antropometrijske točke**, tako što se mjere udaljenosti između pojedinih točaka (metričko mjerenje) ili mjerenjem kutova što ih tvore određene ravnine i linije tijela (goniometričko mjerenje).

Prema IBP (Internacionalni biološki program) standardizirana antropološka mjerenja obuhvaćaju 39 tjelesnih mjera:

- 1) masa tijela (mjeri se vagom na kojoj ispitanik stoji u mirnom i uspravnom položaju )
- 2) visina (dužina) tijela (mjeri se antropometrom u mirnom i uspravnom stojećem položaju)
- 3) sjedeća visina (mjeri se antropometrom u mirnom i sjedećem uspravnom položaju)
- 4) bikondilarna širina bedrene kosti (*femur*) (kliznim šestarom se mjeri udaljenost između medijalnog i lateralnog čvora bedrene kosti (*epicondylus medialis femoris* i *epicondylus lateralis femoris*))
- 5) širina gornjeg nožnog zgloba (*articulatio talocruralis*) (kliznim šestarom se mjeri udaljenost između medijalnog maleola goljenične kosti, *tibie* (*malleolus medialis*) i lateralnog maleola lisne kosti, *fibule* (*malleolus lateralis*))
- 6) visina goljenične kosti (*tibia*) (antropometrom se mjeri udaljenost između medijalnog kondila bedrene kosti, *femura* (*condylus medialis femoris*) do medijalnog maleola goljenične kosti, *tibie* (*malleolus medialis*))
- 7) dužina potkoljenice (mjeri se antropometrom od kondila bedrene kosti (*condylus lateralis femoris*) do kraja lisne kosti, *fibule* (*malleolus lateralis*))
- 8) dužina stopala (mjeri se antropometrom od pete (*calcaneus*) do vrha najdužeg prsta stopala))
- 9) opseg natkoljenice (mjeri se centimetarskom vrpcom u gornjoj trećini natkoljenice (subglutealno))
- 10) opseg potkoljenice (mjeri se centimetarskom vrpcom između gornje i srednje trećine potkoljenice)



- 11) dužina ruke (antropometrom se mjeri udaljenost između najviše točke ramena (*acromion*) i vrha najdužeg prsta ruke)
- 12) dužina nadlaktice (antropometrom se mjeri udaljenost između najviše točke ramena (*acromion*) i stražnjeg izdanka proksimalnog kraja lakatne kosti, *ulne (olecranon fossa)*)
- 13) dužina podlaktice (antropometrom se mjeri udaljenost između stražnjeg izdanka proksimalnog kraja lakatne kosti, *ulne (olecranon fossa)* i ručnog zgloba)
- 14) bikondilarna širina nadlaktične kosti (dijametar lakta) (kliznim šestarom se mjeri udaljenost između medijalnog i lateralnog epikondila nadlaktične kosti, *humerusa (epicondylus lateralis et medialis)*)
- 15) širina zapešća (dijametar ručnog zgloba) (kliznim šestarom se mjeri udaljenost između stiloidnih nastavaka lakatne kosti (*ulna*) i palčane kosti (*radius*))
- 16) širina šake (kliznim šestarom se mjeri udaljenost između 2. i 4. zgloba između kostiju zapešća i članaka prstiju (*articulationes metacarpophalangeae*))
- 17) opseg nadlaktice (opružene) (mjeri se centimetarskom vrpcom u srednjoj trećini nadlaktice)
- 18) opseg nadlaktice (pri fleksiji i kontrakciji) (mjeri se centimetarskom vrpcom u srednjoj trećini nadlaktice pri čemu je podlaktica flektirana pod kutom od 90 stupnjeva, a nadlaktica je u kontrakciji)
- 19) raspon u području ramena (biakromijalni raspon) (antropometrom se mjeri raspon između najviše točke (*acromiona*) lijeve i desne lopatice (*scapulae*))
- 20) širina prsnog koša (transverzalni dijametar prsnog koša) (mjeri se pelvimetrom uz rub ravnine između 3. i 4. rebra nakon normalnog izdisaja)
- 21) dubina prsnog koša (sagitalni dijametar prsnog koša) (mjeri se pelvimetrom na kraju normalnog izdisaja u ravnini između 3. i 4. rebra)
- 22) opseg prsnog koša (mjeri se centimetarskom vrpcom na kraju normalnog izdisaja u ravnini između 3. i 4. rebra)
- 23) dužina noge (antropometrom se mjeri udaljenost između ilijačnog grebena zdjelice (*spinae iliaca anterior superior*) i stopala)
- 24) širina zdjelice (*pelvis*) (pelvimetrom se mjeri raspon između desnog i lijevog grebena zdjelice, (*spinae iliaca anterior superior*))
- 25) dužina glave (sagitalni dijametar glave) (mjeri se kefalometrom)
- 26) visina glave (longitudinalni dijametar glave) (mjeri se kefalometrom)
- 27) širina glave (transverzalni dijametar glave) (mjeri se kefalometrom u najširem dijelu)
- 28) širina donje čeljusti (širina donjeg dijela lica) (kefalometrom se mjeri udaljenost između kutova donje čeljusti s desne i lijeve strane (*angulus mandibulae*))
- 29) širina lica (kefalometrom se mjeri udaljenost između jagodičnih kostiju lica (*os zygomaticum*))

- 30) morfološka visina lica (kefalometrom se mjeri udaljenost od brade do vrha čela)
- 31) širina usta (mjeri se kliznim šestarom)
- 32) debljina usnica (mjeri se kliznim šestarom)
- 33) visina nosa (kliznim šestarom se mjeri udaljenost između hrbata i vrha nosa)
- 34) širina nosa (kliznim šestarom se mjeri udaljenost između nosnih krila)
- 35) kožni nabor nadlaktice (tricepsa) (mjeri se kaliperom na stražnjoj strani m. tricepsa brachii na sredini između najviše točke ramena (acromion) i kraja lakatne kosti (*olecranon*))
- 36) kožni nabor na leđima (supskapularni) (mjeri se kaliperom ispod donjeg ruba lopatice (*scapula*))
- 37) kožni nabor na trbuhu (mjeri se kaliperom lateralno od pupka (*umbilicus*))
- 38) suprasternalna visina (visina od poda do gornjeg ruba prsne kosti (*manubrium sterni*)) mjeri se antropometrom u stojećem položaju)
- 39) opseg glave (mjeri se centimetarskom vrpcom u području maksimalnog opsega)

Prilikom uobičajenih mjerenja ne mjeri se svih 39 varijabli, nego se odabiru varijable od interesa sukladno cilju i namjeni mjerenja. Radi određivanja postotka masnog tkiva u tijelu još se ovim mjerama dodaju kožni nabori ilijačnog grebena, bedra i prsa mjereni kaliperom. Od opsega se mjere opseg struka i bokova radi procjene sadržaja masnog tkiva u području trupa, koje je vrlo važan faktor rizika za bolesti srčano-žilnog sustava. Na osnovi rezultata mjera moguće je odrediti nivo razvoja, uhranjenosti i usporediti vrijednosti s normativima za određenu populaciju.

Na morfološke karakteristike tijela utjecaj imaju različiti čimbenici. Mogu se podijeliti na dvije skupine: endogene ili unutarnje i egzogene ili vanjske. **Endogeni čimbenici** su biološko nasljeđe, hormonalni status, spol, dok su **egzogeni čimbenici** prehrana, društveno-ekonomsko stanje, klima, porodna težina, kronične bolesti, sezonske razlike, tjelesna aktivnost.

Varijable koje se mjere antropometrijskim mjerenjima mogu se podijeliti na mezostabilne i mezolabilne varijable. **Mezostabilne** su one varijable za koje vrijedi zakon o relativno jedinstvenom rastu, tj. za koje je moguće predvidjeti veličinu tjelesne dimenzije na osnovi poznavanja neke druge tjelesne dimenzije. To su uglavnom dijelovi visine (npr. sjedeća visina) te duljine ruke, natkoljenice i potkoljenice, nadlaktice i podlaktice, koje su u velikoj korelaciji s visinom čovjeka. Ove su varijable uglavnom pod utjecajem endogenih čimbenika, dok je utjecaj egzogenih čimbenika na njihovu veličinu bitno manji. **Mezolabilne** varijable su one za koje ne vrijedi zakon o relativno jednolikom rastu te njihova veličina značajno ovisi o utjecaju vanjskih čimbenika. U mezolabilne varijable ubrajaju se: tjelesna težina te opsezi: prsnog koša, nadlaktice, natkoljenice i sl.

Jedna od najčešćih direktnih primjena antropometrije je u praćenju rasta i razvoja djece, gdje služi kao važan pokazatelj njihovog zdravstvenog statusa. Čak i prije rođenja ultrazvučnim mjerenjima prati se

razvoj fetusa na osnovi referentnih vrijednosti za određenu gestacijsku dob. Nakon rođenja, u dojenačkoj dobi, mjerenja dimenzija tijela djeteta (najčešće duljine tijela, opsega glave i tjelesne mase) važan su pokazatelj njegova razvoja. Usporedbom izmjerenih veličina s referentnim vrijednostima moguće je prepoznati devijacije u rastu i razvoju koje mogu upućivati na zdravstvene tegobe djeteta.

Analizom promjena morfoloških karakteristika kroz generacije moguće je pratiti sekularni trend; promjenu morfoloških karakteristika populacije koja je povezana s promjenama načina života, prehrane, uvjetima stanovanja, zdravstvene zaštite i slično. Također se mogu analizirati razlike među spolovima, etničke i rasne razlike kao i promjene u morfološkim karakteristikama tijekom života.

Brojnim istraživanjima dokazana je snažna veza između tjelesnih mjera i zdravlja, odnosno rizika od obolijevanja od različitih bolesti i prekomjerne tjelesne težine. Također, neka su antropometrijska mjerenja (uglavnom mezolabilne varijable) obvezan dio procjene zdravstvenog stanja i procjene rizika od obolijevanja od npr. metaboličkog sindroma, bolesti srca i krvožilnog sustava te brojnih drugih oboljenja.

U sportu su rezultati antropometrijskih mjerenja jedan od važnih pokazatelja prilikom probira sportaša, kao i odabira najpogodnije pozicije igranja u ekipnim sportovima (npr. u rukometu, nogometu, vaterpolu i sl.). Brojni su znanstveni radovi koji se bave upravo ovom tematikom; važnošću antropometrije u probiru sportaša u vrhunskom sportu i karakteristikama (kako funkcionalnim i motoričkim, tako i dimenzijama tijela) koje trebaju imati pojedinci da bi bili uspješni u sportu kojim se žele baviti. Također su provedena brojna istraživanja koja se bave praćenjem promjena u antropometrijskim rezultatima koje su posljedica vježbanja i posebnosti pojedinih vrsta treninga. U praćenju trenažnog procesa vrlo važno mjesto zauzima upravo antropometrija i mjerenja dimenzija tijela, čije promjene govore o učincima treninga na pojedinca te su vrijedna informacija za planiranje i modifikacije trenažnog procesa.

Brojni su mjerni uređaji koji se koriste u antropometriji. Zajedničkim imenom zovu se **antropometrijski instrumentarij**, a čine ga:

**Vaga** - uređaj za mjerenje tjelesne mase koji mjerenjem težine osobe koja stane na postolje daje tjelesnu masu (težina = masa x gravitacija). Najčešće se upotrebljava medicinska decimalna vaga s kliznim utegom, čija se preciznost kreće u granicama od 250 g.

**Antropometar** - služi za utvrđivanje uzdužnih dimenzija tijela čovjeka. Ima više modela, no u pravilu se sastoji iz metalnog štapa okruglog ili kutnog profila, dužine preko 2 m, postolja, jedne klizne i jedne učvršćene prečke. Štap se može rastaviti na 4 jednaka dijela. Uređaj ima 2 ljestvice, a rezultati se očitavaju kroz dva otvora na kliznoj prečki, ovisno o smjeru mjerenja. Preciznost mu se kreće u granicama 1 mm.

**Stadiometar** - varijacija antropometra fiksirana o zid, kojom se određuje samo visina tijela. Stadiometar je ponekad ugrađen u medicinsku vagu.

**Pelvimetar** - šestar za određivanje poprečnih dimenzija (raspona) ljudskog tijela.

**Kefalometar** – pelvimetar namijenjen određivanju manjih raspona (pretežno na glavi) s ljestvicom do 30 cm.

**Kaliper** (engleski izraz caliper nastao je izvrtanjem francuske riječi *calibre*, od latinskog *qua libra* što znači: promjer, kalibar) je šestar za mjerenje debljine kožnih nabora radi procjene potkožnog masnog tkiva. Mjerenja se vrše na nekoliko standardnih mjesta, od kojih su najpoznatija nabor tricepsa (sredina stražnje strane nadlaktice) i subskapularni nabor, ali se određuju i suprailijačni, abdominalni (uz pupak), prednji bedreni, prsni (kranio-lateralno od desne prsne bradavice, samo za muškarce), stražnji bedreni (samo za žene) i nabor bicepsa. Preciznost mjerenja iznosi 0,25 mm, a rezultat se izražava u mm, na jednu decimalu.

**Centimetarska traka** (vrpca) služi za mjerenje opsega. Najbolje je koristiti traku koja je napravljena od materijala koji se ne mogu razvući, kako bi mjerenje bilo što točnije.

Provođenje antropometrije je jednostavno, ali podatci koje daje su praktično neupotrebljivi (u smislu interpretacije ili usporedbe sa sličnim rezultatima) ako se ne izvodi standardizirano. Preporuke WHO (Svjetske zdravstvene organizacije) i IBP (Internacionalni biološki program) su:

1. Ispitanik treba biti u standardnom položaju: stajati na ravnoj podlozi, bez obuće, skupljenih peta, relaksiranih ramena, s rukama ispruženim uz trup i glavom u položaju tzv. frankfurtske ravnine (razina pogleda i crta koja spaja lijevi tragus s najnižom točkom donjeg ruba lijeve orbite moraju biti u istoj razini).

2. Dermografom (olovkom) treba označiti antropometrijske točke, utvrđena referentna mjesta na tijelu ispitanika, na koja se prisanjaju odgovarajući dijelovi instrumentarija.

3. Kada je to moguće, mjerenja se vrše u stojećem stavu i na lijevoj strani tijela. Ako stanje pacijenta to ne dozvoljava, dolaze u obzir i drugi položaji, npr. ležeći.

Iz dobivenih podataka mogu se izračunati različiti pokazatelji (derivirane varijable), od kojih su danas najkorisniji indeks tjelesne mase (ITM ili BMI od engl. body mass index) i omjer opsega struka prema opsegu bokova (WHR od engl. waist to hip ratio).

Omjer opsega struka i bokova je važan pokazatelj nivoa rizika obolijevanja od bolesti srčano-žilnog sustava i metaboličkog sindroma te distribucije masnog tkiva u tijelu. Dobiva se dijeljenjem opsega izmjerenog u najužem dijelu struka (obično odmah iznad pupka) i opsega bokova u najširem dijelu. Tako osoba s opsegom struka 76 cm i opsegom bokova 97 cm ima  $WHR = 76/97 = 0,78$ . Prema WHO (World health organization) omjer struka i bokova za normalno uhranjene osobe ne prelazi 0,9 za muškarce, tj. 0,85 za žene. Svaka vrijednost veća od ovih granica znači pretilost, odnosno povećane abdominalnih visceralnih

naslaga masnog tkiva koje značajno uvećavaju rizike za srčano-žilne bolesti, hipertenziju, dijabetes i metabolički sindrom. WHR je dobar pokazatelj distribucije masnog tkiva u tijelu, a kao pokazatelj zdravstvenog stanja i rizičnih faktora promatra se uglavnom uz BMI, jer osoba može imati WHR u granicama normalnog uz povećan BMI, što može biti zbog povećanog opsega bokova. Brojna su istraživanja pokazala da su ove dvije veličine vrlo važni pokazatelji uhranjenosti i zdravlja čovjeka te da je njihova prediktivna vrijednost u smislu određivanja faktora rizika za zdravlje značajno veća kad se promatraju skupa nego pojedinačno.

Indeks tjelesne mase izračunava se formulom  $BMI = \text{tjelesna težina (kg)} / \text{visina}^2 \text{ (m}^2\text{)}$ , pa osoba visoka 180 cm i teška 80 kg ima BMI  $80/1,8^2$ , tj. 24,7.

Na osnovi indeksa tjelesne mase se može procijeniti uhranjenost osobe, a kako s pretjeranom masom bitno raste rizik za obolijevanje od različitih bolesti, ovaj indeks vrlo je važan za procjenu stanja zdravlja pojedinca. Osnovne kategorije uhranjenosti prema WHO prikazane su tabelom:

Tablica 1. kategorije uhranjenosti prema vrijednosti indeksa tjelesne mase

<b>STANJE UHRANJENOSTI</b>	<b>BMI</b>
<i>POTHRANJENOST</i>	↓ 18,5
<i>NORMALNO</i>	18,5-24,9
<i>POVEĆANA TJELESNA MASA</i>	25,0-29,9
<i>PRETILOST (stupanj I)</i>	30,0-34,9
<i>(stupanj II)</i>	35,0-39,9
<i>(stupanj III)</i>	↑40,0

Metoda određivanja uhranjenosti osobe pomoću BMI je lako izvodljiva, neinvazivna i jednostavna, a sam indeks je dokazani prediktor mortaliteta od bolesti povezanih s prekomjernom tjelesnom masom i prekomjernim sadržajem masnog tkiva u tijelu. Ipak, ova metoda ima svoja ograničenja. Granice među kategorijama uhranjenosti ne uzimaju u obzir veći sadržaj masnog tkiva kod žena u odnosu na muškarce uz istu vrijednost BMI, rasne razlike u sadržaju masnog tkiva pri istim vrijednostima BMI (npr. Azijati imaju veću vrijednost sadržaja masnog tkiva nego bijela rasa za istu vrijednost BMI), razlike u sastavu tijela koje su povezane sa starenjem (prosječno uz istu vrijednost BMI stariji ljudi imaju veći sadržaj masnog tkiva nego mladi) te povećan BMI kod sportaša kojemu je uzrok povećana masa mišićnog tkiva ili povećan sadržaj masnog tkiva pri normalnim vrijednostima BMI koji je posljedica sarkopenije (progressivni gubitak mišićne mase). Mjerenja i određivanje BMI kod djece je posebna problematika, jer su kategorije uhranjenosti odnosno granične vrijednosti BMI ovisne o dobi djeteta i spolnoj zrelosti i interpretiraju se ovisno o ovim varijablama. Dakle, same kategorije uhranjenosti prema vrijednostima BMI ne mogu se primjenjivati univerzalno za sve osobe, nego su potrebne posebne prilagodbe za neke populacije.

S obzirom na to da je BMI nesigurna mjera uhranjenosti, uglavnom se u novije vrijeme određuje sastav tjelesne mase za procjenu rizika od različitih bolesti i utjecaja na zdravlje čovjeka, s posebnim naglaskom na sadržaj masnog tkiva. Masno tkivo u tijelu može se podijeliti na: 1) visceralno masno tkivo koje okružuje unutarnje organe, ispunjava prostor među njima i učvršćuje njihov položaj te 2) potkožno (supkutano) masno tkivo koje se skuplja ispod kože. Masno tkivo je najveće spremište energije u tijelu. Visceralno masno tkivo je metabolički aktivnije od supkutanog i povezano je s povećanim rizikom od bolesti. Visceralna pretilost se direktno povezuje s poremećajima u metabolizmu glukoze i lipida, inzulinskom rezistencijom i različitim malignim bolestima. Ukupni sadržaj masnog tkiva u prosjeku se kod mladih muškaraca kreće između 12 i 15% tjelesne mase, a kod mladih žena između 25 i 28%. Masno tkivo je još i toplinski izolator te sudjeluje u održavanju tjelesne temperature. Sadržaj masnog tkiva raste s godinama života, tako da ako se promatraju tjelesno aktivne osobe do 30. godine starosti, žene u prosjeku imaju 14-21%, a muškarci 9-15% masnog tkiva, od 30-50 godina kod žena je njegov udio 15-23%, a kod muškaraca 11-17%, dok u dobi 50 i više godina žene u prosjeku imaju 16-25% masnog tkiva, a muškarci 12-19%.

Klasifikacija građe tijela i uhranjenosti prema sadržaju masnog tkiva prikazana je tabelom 2.

Tablica 2. Klasifikacija tjelesne građe prema udjelu masnog tkiva

	<b>UDIO MASNOG TKIVA (%)</b>	
	<b>ŽENE</b>	<b>MUŠKARCI</b>
<b>ATLETSKA GRAĐA</b>	8-15	5-10
<b>DOBRO STANJE</b>	16-23	11-14
<b>PRIHVATLJIV SADRŽAJ MASNOG TKIVA</b>	24-30	15-20
<b>PRETILOST</b>	31-36	21-24
<b>DEBLJINA</b>	>36	>24

Sportaši uglavnom imaju manji sadržaj masnog tkiva u odnosu na opću populaciju, ali i među njima se razlikuju vrijednosti ovisno o zahtjevnosti i specifičnosti sporta kojim se bave. Prosječne vrijednosti sadržaja tjelesne mase ovise o posebnostima svakog pojedinog sporta, a određuju se na individualnoj bazi. Razlike u prosječnim udjelima masnog tkiva među različitim sportovima vide se u tablici 3.

Tablica 3. Udjeli masnog tkiva kod sportaša

SPORT	UDIO MASNOG TKIVA (%)	
	MUŠKARCI	ŽENE
KOŠARKA	6-12	20-27
BODI-BILDING	5-8	10-15
BICIKLIZAM	5-15	15-20
VESLANJE	6-14	12-18
SKIJANJE	7-12	16-22
SPRINT (TRČANJE NA KRATKE STAZE)	8-10	12-20
NOGOMET	10-18	13-18
PLIVANJE	9-12	14-24
GIMNASTIKA	5-12	10-16
SKOKU VIS/DALJ	7-12	10-18
HOKEJ NA LEDU	8-15	12-18
MARATON	5-11	10-15
TENIS	12-16	16-24
ODBOJKA	11-14	16-25
TRIATLON	5-12	10-15

U svrhu određivanja sadržaja masnog tkiva u tijelu koriste se različite metode mjerenja od kojih su najpoznatije: pletismografija, hidro-denzitometrija, DXA (dual x-ray absorptiometry), procjena sadržaja vode u tijelu, CAT- scan (computerized axial tomography scan), MRI (magnetic resonance imaging), TOBEC (total body electrical conductivity), BIA (bioelectrical impedance analysis) te određivanje sadržaja masnog tkiva mjerenjem kožnih nabora kaliperom. Rezultati dobiveni DXA mjerenjima su najpouzdaniji, a ova se metoda smatra zlatnim standardom. Među najzastupljenijim načinima određivanja sadržaja masnog tkiva u tijelu svakako su metoda mjerenja kožnih nabora kaliperom kao i metoda koja se zasniva na bioelektričnoj impedanci. Mjerenja kožnih nabora vrlo su zastupljena jer su kaliperi lako dostupni, a samo mjerenje ne zahtijeva poseban prostor, nego samo poznavanje tehnike mjerenja. Razvijene su razne formule koje na osnovi 3, 4 ili više kožnih nabora omogućavaju procjenu gustoće tijela i na osnovi njega i sadržaj masnog tkiva. Najpoznatije formule su: formule po Jackson-Pollock na osnovi 3 ili 4 kožna nabora, Durnin-Womersley formula, formula po Yuhasz-u te formula po Parillo-u. Sve češće se problemu određivanja sastava tjelesne mase pristupa tako da se uz kožne nabore mjere opsezi i druge lako dostupne

antropometrijske mjere, a rezultati ovakvih mjerenja su u većoj suglasnosti s DXA mjerenim sastavom tjelesne mase.

### ***Analiza metodom bioelektrične impedance (BIA)***

Bioimpedanca (BIA) je relativno nov način za mjerenje morfoloških karakteristika. To je jednostavna metoda kojom je moguće procijeniti sastav tjelesne mase, kao i bitne indekse kao BMI i WHR u vrlo kratkom vremenu, mjerenjem koje traje nekoliko minuta. Analiza tjelesne mase metodom BIA temeljena je na tome da električna energija prolazi kroz tijelo različitom brzinom ovisno o sastavu tjelesne mase. Velik dio tjelesne mase čine voda i ioni, koji su dobri provodnici električne struje. S druge strane u tijelu je i masno tkivo koje je slabiji provodnik te ono predstavlja otpornik pri prolasku struje kroz tijelo. Impedanca, koja je glavna mjera u metodi BIA, je definirana kao otpor provodnika prolasku struje. U praksi ona predstavlja smanjenje voltaže kada slaba konstantna struja (800  $\mu$ A) stalne frekvencije (50 kHz) prolazi među elektrodama pričvršćenim na tijelo. Impedanca je minimalna u bezmasnom tkivu (eng. lean tissue) koje jako dobro provodi struju, a raste s porastom udjela masnog tkiva zbog njegove slabe provodljivosti, tako da se iz izmjerene veličine impedancije može izračunati udio masnog i bezmasnog tkiva. To je osnovni princip na kojem počiva metoda BIA za analizu tjelesne mase. Druga pretpostavka važna za uporabnu vrijednost mjerenja BIA metodom jest da je tijelo provodnik cilindričnog oblika i homogene kompozicije, čiji je volumen direktno proporcionalan visini. Uzimajući u obzir sve znanstveno dokazane ovisnosti i razlike u sastavu tjelesne mase među spolovima, rasama, starosti te visini, u samim aparatima za BIA mjerenja uz pomoć softvera izračunava se udio pojedinih vrsta tkiva u tjelesnoj masi. Iako je nekoliko istraživanja pokazalo da je utjecaj hrane i pića na rezultate mjerenja BIA metodom uglavnom mali, preporuka je da se mjerenja vrše nakon cjelonoćnog gladovanja. Preporuka je također da ispitanik ne vježba unutar 12 sati prije mjerenja, kao i da se uzdrži od kofeina i cigareta, kao i svih medikamenata koji mogu utjecati na elektrolite u tijelu u vremenu 6 sati prije mjerenja te da se mjerenje izvodi sa što manje odjeće i nakon pražnjenja mjehura. Mjerenje se vrši tako da ispitanik u uspravnom položaju stane bosim stopalima na dvije elektrode, a druge dvije uhvati rukama. Ruke su ispružene niz tijelo i ne smiju dodirivati trup. Nakon zauzimanja ispravnog položaja kroz elektrode prolazi električni impuls (800 $\mu$ A, frekvencije 50 kHz). Na osnovi toga dobiva se bioelektrična impedanca (R). U rezultatima mjerenja dobiva se sastav tjelesne mase, kao i sastav mase pojedinih dijelova tijela (ruke, noge, trup) u kojem je naznačeno kolika je masa masnog tkiva, kolika masa nemasnog tkiva, ukupna voda u tijelu, masa mišića, minerala (kosti), a prema normama za pojedinu komponentu ispitanik je svrstan u jednu od kategorija uhranjenosti.



## CILJ VJEŽBE

Antropometrijskim mjerenjima i mjerenjem bioelektričnom impedancijom odrediti nivo uhranjenosti te procijeniti sastav tjelesne mase ispitanika i postojanje eventualnih rizičnih faktora za zdravlje

## IZVOĐENJE VJEŽBE

### MATERIJALI:

vaga, antropometar, centimetarska vrpca, kaliper, BIA analizator tjelesne mase

### POSTUPAK:

Antropometrijska mjerenja izvode se jednokratno, osim kožnih nabora, koji se mjere tri puta, a zatim se izračunava srednja vrijednost. Kožni nabori se mjere kaliperom tako da se uređajem zahvati nabor koji se sastoji od duplog sloja kože s potkožnim masnim tkivom, pazeći da se ne zahvati mišićno tkivo ispod. Na uređaju se zatim očita debljina zahvaćenog nabora u mm.

U tabeli 4. navedene su sve mjere koje treba izmjeriti, s uputama kako i na kojem mjestu se mjere.

Tablica 4. Popis mjera koje tijekom vježbe treba izmjeriti

<b>MJERA</b>	<b>MJESTO/OPIS MJERENJA</b>
<b>VISINA (cm)</b>	Mjeri se visinomjerom (stadiometrom)
<b>MASA (kg)</b>	Mjeri se vagom
<b>ŠIRINA KOLJENA (cm)</b>	udaljenost između medijalnog i lateralnog čvora bedrene kosti ( <i>epicondylus medialis femoris</i> i <i>epicondylus lateralis femoris</i> ) mjeri se pelvimetrom u sjedećem položaju s nogama koje su u pravom kutu
<b>OPSEZI</b>	
<b>STRUK (cm)</b>	Minimalni opseg između donjeg ruba rebra i kukova mjeri se centimetarskom vrpcom
<b>BOKOVI (cm)</b>	Maksimalni opseg u nivou izbočenja na prelasku vrata u trup bedrene kosti ( <i>trochanter major</i> ) mjeri se centimetarskom vrpcom
<b>BEDRO (cm)</b>	Opseg noge mjereno na pola puta između vrha bedrene kosti ( <i>femur</i> ) i proksimalne granice ivera ( <i>patella</i> ) mjeri se centimetarskom vrpcom
<b>KOŽNI NABORI</b>	
<b>BRADÉ (mm)</b>	Submentalni nabor brade paralelno s uzdužnom osi tijela mjeri se kaliperom
<b>BICEPSA (mm)</b>	S prednje strane na trbuhu mišića biceps brachii paralelno uzdužnoj osi nadlaktice mjeri se kaliperom
<b>TRICEPSA (mm)</b>	Sa stražnje strane nadlaktice na sredini nadlaktice paralelno uzdužnoj osi nadlaktice mjeri se kaliperom
<b>SUBSKAPULARNI (mm)</b>	Ispod donje granice lopatice ( <i>Scapula</i> ), pod kutom 45° u odnosu na uzdužnu osu tijela mjeri se kaliperom
<b>ABDOMINALNI (mm)</b>	Horizontalni nabor 5 cm lateralno u ravnini pupka ( <i>umbilicus</i> ) mjeri se kaliperom

1. Na osnovi izmjerenih tjelesne mase i visine izračunaj BMI.
2. Na osnovi izmjerenih opsega struka i bokova izračunaj WHR.
3. Koristeći odgovarajuću formulu prema Garcia et al (2005) prikazane u nastavku teksta izračunaj masu masnog tkiva u tijelu, a zatim i % masnog tkiva

### **Muškarci**

**Masa masnog tkiva (kg)** =  $-40,750 + ((0.397 \times \text{opseg struka}) + (6.568 \times (\log \text{KN tricepsa} + \log \text{KN subskapularni} + \log \text{KN abdominalni})))$

**Žene**

**Masa masnog tkiva (kg)** =  $-75,231 + ((0,512 \times \text{opseg bokova}) + (8,889 \times (\log \text{KN brade} + \log \text{KN tricepsa} + \log \text{KN subskapularni})) + (1,905 \times \text{širina koljena}))$

4. Upaliti BIA analizator tjelesne mase te slijedeći upute na uređaju izmjeriti masu i sastav tjelesne mase. Mjerenje se izvodi stajanjem na dvije elektrode uređaja bosim stopalima i držanjem druge dvije elektrode rukama koje su spuštene niz tijelo, ali odmaknute da ga ne dodiruju, kao što je prikazano na monitoru uređaja. Iz rezultata analizirati sastav tjelesne mase i potencijalne zdravstvene rizike.

**REZULTATI****Profil ispitanika:**

Ime \_\_\_\_\_

Godine starosti \_\_\_\_\_

Spol \_\_\_\_\_

Tablica 5. Rezultati mjerenja:

<b>MJERA</b>	<b>rezultat</b>
<b>VISINA (cm)</b>	
<b>MASA (kg)</b>	
<b>ŠIRINA KOLJENA (cm)</b>	
<b><u>OPSEZI</u></b>	
<b>STRUK (cm)</b>	
<b>BOKOVI (cm)</b>	
<b>BEDRO (cm)</b>	
<b><u>KOŽNI NABORI</u></b>	
<b>BRADÉ (mm)</b>	
<b>BICEPSA (mm)</b>	
<b>TRICEPSA (mm)</b>	
<b>SUBSKAPULARNI (mm)</b>	
<b>ABDOMINALNI (mm)</b>	

Tablica 6. Izračunate vrijednosti:

	REZULTAT	KATEGORIJA UHRANJENOSTI/ RIZIK ZA ZDRAVLJE
BMI (kg/m <sup>2</sup> )		
WHR		
MASA MASNOG TKIVA (kg)		
%MASNOG TKIVA U TIJELU		

Tablica 7. Rezultati BIA mjerenja:

	Masa (kg)	% ukupne mase tijela
Masno tkivo		
Mišićno tkivo		
ostalo		
Ukupna masa		

**PITANJA:**

Objasni razliku između mezostabilnih i mezolabilnih varijabli u antropometriji

---



---



---

Kakva mjerenja postoje u antropometriji?

---

Što su antropometrijske točke?

---

Koje su granične vrijednosti BMI za zdrav (normalan) nivo uhranjenosti?

---

## Literatura

Maver H, Rudan P, Tarbuk D. Praktikum biološke antropologije: antropometrija. Impresum, Zagreb, 1975.

Mikšić D. Uvod u ergonomiju. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1997.

Grilec Kaurić A, Ujević D. Antropometrija kao komplementarna mjera životnog standarda. Poslovna izvrsnost Zagreb 2013; 7(2): 145-154.

Jeukendrup A, Gleeson M. Sport Nutrition 2nd edition - An Introduction to Energy Production and Performance. Human Kinetics, Champaign, USA, 2010.

Khalil SF, Mohktar MS, Ibrahim F. The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of diseases. Sensors (Basel, Switzerland) 2014;14(6):10895–10928.

Ellis KJ. Human Body Composition:in Vivo Methods. Physiological Reviews 2000; 80(2):650-680.

WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic. WHO, Geneva, 2000.

Garcia AL, Wagner K, Hothorn T, Koebnick C, Zunft HJF, Trippo U. Improved prediction of body fat by measuring skinfold thickness, circumference and bone breadths. Obes Res 2005; 13:626-634.

Krmpotić-Nemanić J, Marušić A. Anatomija čovjeka. Medicinska naklada Zagreb, 2007.

Gilroy AM, MacPherson BR, Ross LM. Anatomski atlas s latinskim nazivljem. Medicinska naklada Zagreb, 2011.

## VJEŽBA 2: ELEKTROMIOGRAFIJA

Skeletni mišići inervirani su debelim mijeliziranim živčanim vlaknima koji potiču iz velikih motoričkih neurona prednjih rogova kraljezničke moždine. Svaki završetak živca podražuje od dva do nekoliko stotina mišićnih vlakana, ovisno o njihovom tipu i namjeni. Tako u malim mišićima koji trebaju precizan nadzor i brzu kontrakciju, živčano vlakno podražuje manje mišićnih vlakana, dok u mišićima koji sporo reagiraju i ne zahtijevaju preciznu kontrolu jedno živčano vlakno podražuje po nekoliko stotina mišićnih. Sva mišićna vlakna koja podražuje isto živčano vlakno nazivaju se zajedničkim imenom **motorička jedinica**. Prijenos signala iz živčanog u mišićno vlakno vrši se u **neuromuskularnom spoju**, u kojemu su živčani završetci utisnuti u udubljenja mišićne membrane te u ovom sklopu, koji se naziva **motorička završna ploča**, prenose signal koji će uzrokovati kontrakciju i posljedično tome pokret. Udubljenja mišićne membrane u koja naležu aksonski završetci nazivaju se **sinaptički žljebovi**. Ovi sinaptički žljebovi sadrže brojne nabore membrane mišićnog vlakna koji se nazivaju **subneuralne pukotine**. Ovi nabori značajno povećavaju površinu membrane u sinaptičkom žlijebu čime se posljedično povećava i broj acetilkolinskih receptora što omogućuje jače djelovanje sinaptičke prijenosne tvari koja omogućuje prijenos signala iz aksonskih završetaka u mišićno vlakno. Kada impuls kroz živčanu stanicu stigne do njenog završetka, u sinaptičkom žlijebu dolazi do oslobađanja acetilkolina (prijenosne tvari) u sinaptički prostor u žlijebu između živčane i mišićne stanice. **Acetilkolin** dolazi do acetilkolinskih receptora na subneuralnim pukotinama, koji su u stvari ionski kanali, koji vezanjem acetilkolina mijenjaju svoju konformaciju i postaju propusni za ione kalcija, natrija i kalija. Negativni ioni ne mogu kroz ove kanale ulaziti u mišićnu stanicu jer je ulazni dio kanala izrazito negativno nabijen, što odbija ione istog naboja. Velikim prodorom pozitivnih iona dolazi do promjene potencijala membrane mišićnog vlakna te ona postaje pozitivno nabijena, što se naziva **potencijal završne ploče**. Ovaj potencijal, koji je posljedica impulsa iz živčanog vlakna dalje će se proširiti kroz mišićno vlakno i uzrokovati kontrakciju. Acetilkolin nakon nekoliko milisekundi biva uklonjen iz sinaptičkog prostora i razgrađen enzimom acetilkolinesterazom, čime se sprječava neprestan ponovni podražaj mišićnog vlakna. Svaki impuls iz živčane stanice stvara potencijal završne ploče oko 3 puta veći od onog koji je potreban za podražaj mišićnog vlakna, tako da je kontrakcija nakon impulsa osigurana. Do zamora neuromuskularnog spoja, u kojem bi se smanjila količina acetilkolina i s njom veličina promjene potencijala, može doći u stanjima najveće iscrpljenosti mišića te kada je frekvencija podražaja veća od 100 u minuti, tako da se zalihe acetilkolina isprazne i ne stižu obnoviti do idućeg impulsa. Akcijski potencijal u mišićnim vlaknima traje 1 do 5 milisekundi (oko 5 puta dulje nego u debelim mijeliziranim živčanim vlaknima), a kroz mišićna vlakna se provodi brzinom 3-5 m/s (oko 13 puta sporije nego u debelim mijeliziranim živčanim vlaknima). Impuls akcijskog potencijala kroz mišićno vlakno putuje poprečnim **T-cjevčicama** sarkoplazmatskog retikuluma koje prolaze kroz cijelo mišićno vlakno. Pri tom akcijski potencijal uzrokuje otpuštanje iona kalcija iz završnih cisterni sarkoplazmatske mrežice koji

su ključni za iniciranje kontrakcije. Naime, ioni kalcija će se vezati za **troponin** u aktinskim nitima, a uzrokujući konformacijsku promjenu ove će molekule otkriti aktivna mjesta aktinske niti i omogućiti kontrakciju. Naime, u stanju mirovanja, **tropomiozin** koji je povezan s troponinom pokriva aktivna mjesta na aktinskim nitima na koja se mogu vezati **miozinske** niti, čime se onemogućava kontrakcija, a mišić održava u relaksiranom stanju. Kada dođe do otkrivanja ovih aktivnih mjesta miozinske niti će najvjerojatnije po teoriji „međusobnog klizanja“ povlačiti aktinske niti prema središtu miofibrile i tako ju kontrahirati. Kalcijevi ioni vrlo brzo bivaju povučeni nazad u završne cisterne sarkoplazmatskog retikuluma kalcijским crpkama, gdje će ostati do sljedećeg akcijskog potencijala. Ovo uklanjanje kalcija iz miofibrile ujedno je i kraj kontrakcije. Prilikom samog procesa troši se značajna količina energije u obliku ATP. Najviše energije potroši se za mehanizam međusobnog klizanja: za zamahe miozinskih glavica, hvatanje za aktin i otpuštanje, dok se nešto potroši za ionske crpke koje služe uklanjanju kalcija iz sarkoplazme u sarkoplazmatsku mrežicu te za kretanje pozitivnih iona kroz membranu mišićnog vlakna kao i održavanje potencijala membrane. Stoga se prilikom kontrakcije troše izvori energije, što može dovesti do zamora mišića. Osnovni uzroci zamora mišića i opadanja snage kontrakcije koja se zbog zamora javlja su potrošeni brzi izvori energije, kao i trošenje energije brže od sinteze ATP aerobnim metaboličkim putovima, kao i nagomilavanje metaboličkih produkata koji nastaju u proizvodnji ATP.

Proces stimuliranja i kontrakcije mišićnih vlakana je karakteriziran promjenom potencijala pa je stoga moguće pratiti ove promjene detektiranjem električnog signala koji se stvara. Samo jedno mišićno vlakno generira vrlo mali električni potencijal koji se rasipa u okolnom tkivu. Međutim, kada se istovremeno kontrahiraju sva vlakna jedne motoričke jedinice, potencijal može biti do 0,5 mV, i traje do desetak ms, tako da se uz pojačanje, može zabilježiti i pratiti elektrodama na površini kože. Na tome se zasniva dijagnostička metoda koja prati električna zbivanja i razlike potencijala u mišićima prilikom kontrakcije koja se zove **elektromiografija** (EMG). Za snimanja elektromiografom koriste se elektrode koje se postavljaju na kožu ili iglene elektrode koje se uvode u mišić za preciznija mjerenja. Zdrav skeletni mišić kontrahira se samo nakon inervacije motoričkim živcem te je spontana aktivnost u mišiću u mirovanju vrlo mala ili nikakva. Signal se na elektromiogramu zdravog mišića može primijetiti samo prilikom voljnih kontrakcija. Snaga kontrakcije cijelog mišića ovisi o prostornoj sumaciji (broju aktiviranih motoričkih jedinica) i vremenskoj sumaciji (frekvenciji impulsa aktivacije) te je i signal koji se dobiva na elektromiogramu proporcionalan snazi kontrakcije. Prilikom stimulacije mišića signal iz središnjeg živčanog sustava prvo će stimulirati manje motoričke jedinice, a veće nešto kasnije, zbog većeg podražaja tanjih motoričkih živčanih vlakana. Tako se kontrakcije pojavljuju jedna za drugom omogućujući glatku kontrakciju mišića i pri malim frekvencijama signala. Kada se mišić nakon mirovanja počne kontrahirati, jakost kontrakcije postepeno raste, tako da je ona nakon 10 do 50 trzaja i dvostruko veća od početne. Taj fenomen naziva se učinak stuba, ili „Treppe“ učinak. Pretpostavlja se da je posljedica povećanja dostupnosti kalcija u citosolu i povećanja učinkovitosti enzimskog sustava u stanicama.

U EMG ispisu se može vidjeti da u opuštenom mišiću gotovo da i nema nikakve električne aktivnosti. Pojava električnih izboja u relaksiranom mišiću jest dokaz postojanja oštećenja živca (denervacije), koje se mogu očekivati već peti dan nakon oštećenja, a najčešće u drugom ili trećem tjednu. Pri voljnoj kontrakciji od blagog napora do maksimalne kontrakcije javljaju se izboji čija učestalost raste s grubom motornom snagom. Na početku se mogu vidjeti pojedinačni potencijali motoričkih jedinica, dok s povećanjem jačine kontrakcije zbog velike frekvencije izboja ispis postaje sve gušći s povećanim amplitudama, a izoelektrična linija potpuno nestaje. Svaka pojedinačna kontrakcija motoričke jedinice daje miogram koji se sastoji od tri dijela koji opisuju promjene u motoričkoj jedinici: prva faza je faza latencije koja traje od početka podražaja do početka kontrakcije. U ovoj fazi nema nikakvog potencijala na miogramu jer u tom vremenu signal putuje motoričkim neuronom do mišićne stanice i uzrokuje unutarstanične promjene koje će omogućiti kontrakciju. Druga faza je faza kontrakcije u kojoj se miofibrile u mišićnim vlaknima podražene motoričke jedinice skraćuju zbog interakcije miozinskih i aktinskih niti te je promjena potencijala vrlo brza i potencijal dolazi do svojih maksimalnih vrijednosti. U trećoj fazi se potencijal vraća na početnu vrijednost potencijala u mirovanju. To je faza relaksacije u kojoj se i mišićno vlakno vraća u relaksirani položaj.

Prilikom maksimalnog napora i signal na elektromiogramu će biti maksimalan (i amplituda i frekvencija), ali kako dolazi do zamora mišića snaga kontrakcije će opadati, kao i amplituda na elektromiogramu, tako da je uz pomoć elektromiografije u kombinaciji s dinamometrom moguće pratiti zamor mišića i točno odrediti jakosnu izdržljivost, odnosno vrijeme koje protekne do određenog gradijenta oslabljenja zadane sile, odnosno vrijeme koje je moguće održati silu voljne kontinuirane kontrakcije.

## CILJ VJEŽBE

Dinamometrijski izmjeriti jačinu stiska šake dominantne i nedominantne ruke te promatrati kako se s jačinom stiska mijenja izgled EMG signala ovisno o aktiviranim motoričkim jedinicama

## IZVOĐENJE VJEŽBE

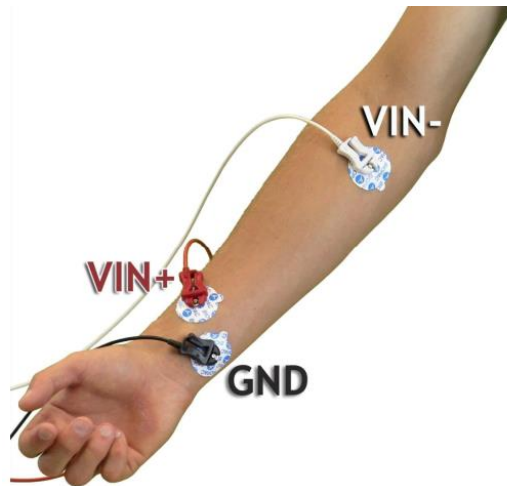
### *MATERIJALI:*

BIOPAC StudentLab jedinica za skupljanje podataka MP3X, BIOPAC elektrode (SS2L), BIOPAC dinamometar (SS25LA), računalo sa softverom Biopac Student Lab 4.1



## POSTUPAK:

- 1. Instalacija** - uključiti elektrode u odgovarajući kanal-CH 3, a dinamometar u CH 1. Uključiti BIOPAC sustav, postaviti 3 elektrode na podlakticu ispitanika (barem 5 min prije početka kalibracije) kako je prikazano na Slici 1. - prvo na dominantnu ruku; pokrenite Biopac Student Lab Program, izaberite 2. cjelinu „L02-EMG-2, unesite *filename*, kliknite *OK*;



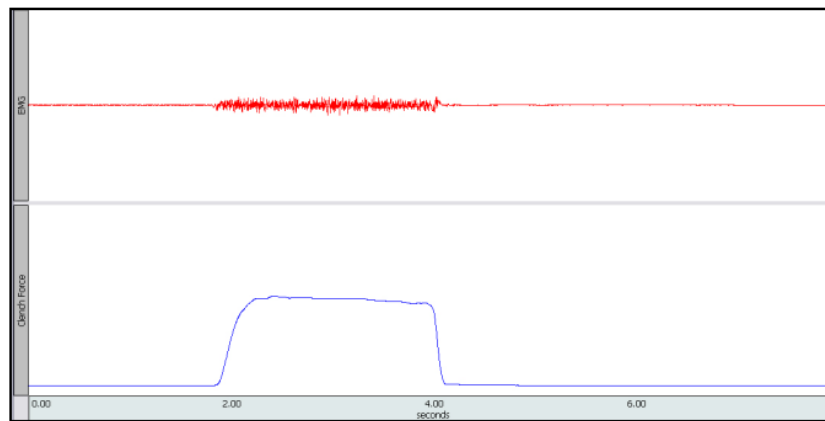
Slika 1. postavljanje elektroda (izvor: BSL tutorial)

- 2. Kalibracija** - kliknite na *Calibrate*, pročitajte uokviren tekst i kada ste spremni kliknite *OK*; nakon 2 sekunde neka ispitanik stisne dinamometar najjače moguće i zatim opusti (ispravan položaj prikazan na slici 2.);



Slika 2. ispravan položaj za snimanje podataka (izvor: BSL tutorial)

provjerite snimljene podatke kalibracije (ispravna je ako na zaslonu izgleda kao na Slici 3., a ako je izgled drukčiji, ponovite kalibraciju)



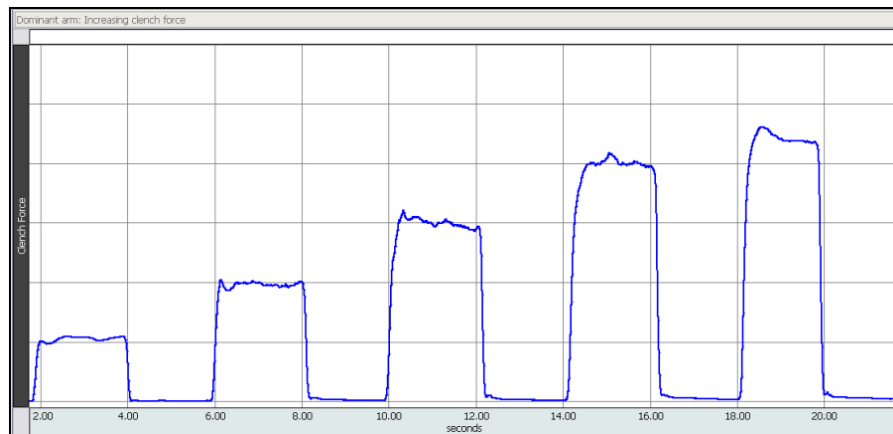
Slika 3. Izgled zaslona pri kalibraciji (izvor: BSL tutorial)

Prema jačini stiska u kalibraciji softver određuje optimalne dijelove sile koju treba primijeniti u testu. Prema podacima iz tabele 1 treba očitati kolika povećanja u snazi, tj. jačini stiska treba primijeniti u testu.

Tablica 1. Inkrementi povećanja snage stiska prema najjačem stisku u kalibraciji (izvor: BSL tutorial)

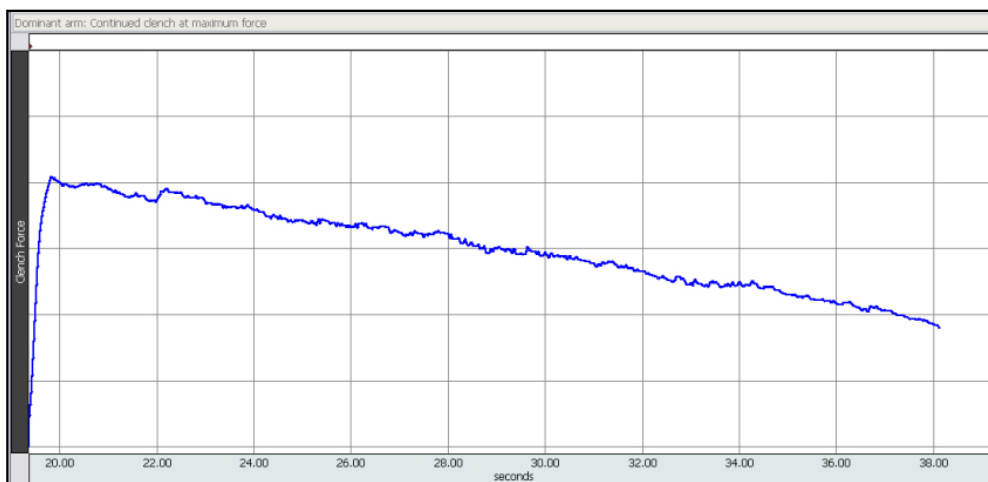
Jačina stiska u kalibraciji (kg)	Inkrementi povećanja (kg)
0-25	5
25-50	10
>50	20

- snimanje podataka** - snimaju se dva segmenta: dominantna, zatim nedominantna ruka. Kliknite *Record*; ispitanik stišće i opušta šaku stupnjevanom snagom stiska (određenim inkrementima snage prema tabeli 1) s razmakom od 2 sekunde između svakog stiska. Kliknite *Suspend*, a ako je prikaz na ekranu sličan kao na Slici 3., klikom na *Resume* nastavlja se snimanje zamora mišića.



Slika 4. Izgled ekrana pri snimanju EMG uz stupnjevanu jakost stiska (izvor: BSL tutorial)

Ispitanik stiska dinamometar najjačim stiskom i pokušava što dulje održati tu jačinu stiska. Potrebno je zapamtiti kolika je ona u početku kako bi mogli odrediti kada opadne na 50% maksimalne sile (zbog zamora mišića jačina stiska opada s vremenom). Kada opadne na manje od 50% početne jačine kliknuti *Suspend*. Ako je prikaz kao na slici 4., možete ukloniti elektrode s ispitanikove ruke i postaviti ih na drugu (ako je različit, ponovite postupak), zatim sve ponovite na nedominantnoj ruci.



Slika 5. Izgled zaslona prilikom snimanja EMG zamora (izvor:BSL tutorial)

4. **analiza podataka** - Review Saved Data - izaberite odgovarajuću datoteku i odredite podatke koji se traže u tablici

## REZULTATI

## Profil ispitanika:

Ime \_\_\_\_\_

Visina \_\_\_\_\_

Godine starosti \_\_\_\_\_

Težina \_\_\_\_\_

Spol \_\_\_\_\_

Dominantna ruka \_\_\_\_\_

a) povezanost snage i EMG signala (aktivacija motoričkih jedinica)

Tablica 2. Rezultati snimanja EMG pri različitim jačinama stiska

		DOMINANTNA RUKA			NEDOMINANTNA RUKA		
stisak	Inkrement snage (kg)	Primijenjena snaga [CH 1] (kg)	EMG [CH 3] p-p (mV)	Integralni EMG [CH 40] Srednji (mV)	Primijenjena snaga [CH 1] (kg)	EMG [CH 3] p-p (mV)	Integralni EMG [CH 40] Srednji (mV)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

b) zamor mišića

Tablica 3. Rezultati snimanja EMG zamora

DOMINANTNA RUKA			NEDOMINANTNA RUKA		
Max snaga	50% max snage	Vrijeme do zamora	Max snaga	50% max snage	Vrijeme do zamora
CH 1	izračunati	CH 40 delta T	CH 1	izračunati	CH 40 delta T

**PITANJA:**

Razlikuju li se snaga desne i lijeve ruke? \_\_\_\_\_

Pri zamoru mišića snaga opada. Koji su fiziološki procesi odgovorni za opadanje snage?

---

---

Razlikuje li se vrijeme do zamora za lijevu i desnu ruku? \_\_\_\_\_

## Literatura

Guyton, Hall. Medicinska fiziologija. 12.izdanje. Medicinska naklada. Zagreb, 2012.

Heimer S, Matković B, Medved R, Medved V, Žuškin V, Oreb E. Praktikum kineziološke fiziologije. Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, 1997.

Wan JJ, Qin Z, Wang PY, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. *Exp Mol Med.* 2017;49(10):e384.

Mills KR. The basics of electromyography. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 2005;76:ii32-ii35

BIOPAC student lab Laboratory Manual. BIOPAC Systems, Inc., St Louis, 2000.

## VJEŽBA 3: CELERIMETRIJA - MJERENJE BRZINE SENZORIČKO MOTORIČKE REAKCIJE

Prema definiciji, brzina je rezultat djelovanja sile na masu koja se mjeri priređenim putem u jedinici vremena. Međutim, u nekim slučajevima, posebno u brojnim biokemijskim i fiziološkim procesima i situacijama govori se o brzini iako se ne prelazi nikakav put. Tako možemo, npr., mjeriti brzinu kemijske reakcije, ili brzinu oslobađanja energije ili brzinu depolarizacije membrane... Iako ne postoji mehaničko kretanje, u ovim situacijama postoji vremenski okvir u kojem se proces odvija i koji je moguće izmjeriti pa je stoga i moguće odrediti brzinu procesa ili pojave. U kineziološkoj fiziologiji mogu se mjeriti različite brzine: brzina jednostavnog pokreta, brzina ponavljajućih (repetitivnih) pokreta, brzina kretanja tijela u prostoru, brzina senzo-motoričke reakcije i njezini dijelovi: neuromišićna reakcija i latentno vrijeme pokreta. Pritom se klasično mehaničko kretanje uz prelazak puta u vremenu primjenjuje kod mjerenja brzina jednostavnog pokreta i mjerenja bazične brzine (kretanja tijela u prostoru), dok se u ostalim slučajevima brzina mjeri kao vrijeme potrebno za određeni proces koji ne mora nužno sadržavati kretanje kroz prostor.

**Brzina jednostavnih pokreta** ovisi o strukturnim i funkcionalnim karakteristikama mišića koji sudjeluje u pokretu te o inerciji i masi dijela tijela koji se pokreće. Većim dijelom je genetski uvjetovana, ali se može znatno unaprijediti specifičnim treninzima. Mjeri se pomoću uređaja s foto-stanicama (najmanje 2 para) koje su postavljene na određenom razmaku (obično 0,5 m). Uređaj prati vrijeme koje protekne od prekida jednog do prekida drugog svjetlosnog snopa, a uz poznatu razdaljinu može lako izračunati brzinu pokreta.

**Brzina repetitivnih pokreta** osim o strukturno-funkcionalnim karakteristikama uključenih mišića ovisi i o funkcijama živčanog sustava, posebice malog mozga. Važnu ulogu ima i biomehanika zglobova. Mjeri se uglavnom testovima tapinga rukom ili nogom po oznakama koje su na određenoj stalnoj udaljenosti uz mirovanje simetričnog ekstremiteta.

**Brzina kretanja tijela u prostoru** mjeri se mjerenjem vremena potrebnog za prelazak određenog puta i izražava kao i brzina jednostavnih pokreta u m/s. Prema mehanizmima uključenim u kretanje razlikujemo ciklična i aciklična gibanja. Najčešće se mjeri tzv. bazična brzina koja predstavlja maksimalnu brzinu koju je moguće postići u cikličnom kretanju (npr. sprint u atletici ili kratkotrajni sprint na 20-50 m u različitim sportovima). Čimbenici važni za postizanje bazične brzine su: dinamička jakost agonista, brzina kontrakcije, viskoznost mišića, antropometrijske značajke, koordinacija te fleksibilnost. Trening za povećanje bazične brzine stoga se usmjerava na povećanje jakosti agonista, trening relaksacije antagonista, smanjenje viskoznosti i povećanje dostupnih energetske depoa u mišićima.

**Brzina senzoričko-motoričke** reakcije mjeri se mjerenjem vremena koje protekne od aktiviranja podražaja do inicijacije zadanog pokreta. Prilikom podražaja signal putuje iz receptora živčanim stanicama do središnjeg živčanog sustava. Ovaj put se naziva **aferentni put**. Nakon procesuiranja signala u centralnom procesoru u središnjem živčanom sustavu, **eferentnim putem** kroz stanice motoričkih neurona impuls putuje do mišića efektora koji će izvesti pokret. Putovanje impulsa kroz živčani sustav je niz elektrokemijskih reakcija u kojima dolazi do depolarizacije membrana uz pomoć ionskih kanala i repolarizacije istih uključivanjem ATP-aznih ionskih crpki uzduž membrana živčanih stanica. Ove depolarizacije i repolarizacije vrlo su brze, a i signal putuje kroz živčane stanice ogromnim brzinama, što u konačnici znači puno za brzinu ukupne senzo-motoričke reakcije čije se vrijeme mjeri u milisekundama. Brzina senzo-motoričke reakcije ovisi o mnogo različitih čimbenika, između ostalog vrsti podražaja, dužini aferentnog puta i složenosti centralnog mehanizma u kojem se procesira informacija i šalje signal za kontrakciju mišićnih vlakana radi izvođenja pokreta. Podražaji koji mogu inicirati pokret u senzo-motoričkoj reakciji su: taktilni, zvučni i svjetlosni. Od ovih se podražaja najbrže reagira na taktilni, zatim na zvučni, dok je najsporija reakcija, odnosno najduže vrijeme reagiranja na svjetlosni podražaj. Osobe koje su specifično trenirane brže reagiraju (kraće je vrijeme reagiranja) nego netrenirane osobe koje se prvi put susreću sa specifičnim zadatkom koji uključuje reakciju na podražaj. Također je vrijeme reagiranja kod podražaja koji se javljaju u stalnim intervalima kraće u odnosu na podražaje koji su nasumični s promjenjivim vremenom među njima.

Senzoričko motorička reakcija može se podijeliti na dvije sastavnice: neuro-mišićnu reakciju i latentno vrijeme pokreta. **Neuro-mišićna reakcija** jest aktivacija mišića koja ovisi o živčanim stanicama, složenosti mehanizma obrade perifernog impulsa kao i prijenosa impulsa kroz živčane stanice sinapsama živčanih sklopova. Sastoji se od prijenosa signala od receptora podražaja do centralnog procesora (aferentnim putem), procesuiranja impulsa u centralnom živčanom sustavu i prijenosa motoričkim neuronima do mišića efektora (eferentnim putem). Neuro-mišićna reakcija se mjeri vremenom koje protekne od podražaja receptora do pojave EMG signala u mišiću efektoru. Mjerenjem vremena od pojave EMG signala u mišiću efektoru do početka pokreta može se odrediti **latentno vrijeme pokreta**. Ono uglavnom ovisi o strukturalnim i funkcionalnim osobinama mišića, aktualnom tonusu i njegovoj dužini, kao i nivou lokalnog zamora, antropometrijskim i biomehaničkim karakteristikama te inerciji dijela tijela koji se pokreće zadanim pokretom.

Da bi se izmjerila brzina senzo-motoričke reakcije izvodi se uglavnom 10 do 12 mjerenja, a uzima se prosječno vrijeme reakcije nakon uklanjanja eventualnih ekstremnih rezultata. Mjerenje je vrlo jednostavno i lako primjenjivo i ne zahtijeva komplicirane uređaje i aparaturu. Za mjerenje dijelova senzo-motoričke reakcije, neuro-mišićne reakcije i latentnog vremena pokreta potrebno je koristiti



elektromiograf za detekciju EMG signala koji daje precizno vrijeme aktivacije motoričkih jedinica koje sudjeluju u pokretu, odnosno vrijeme koje je potrebno za neuro-mišićnu reakciju.

## CILJ VJEŽBE

Odrediti brzinu reakcije na auditorni podražaj mjerenjem brzine reakcije dominantnom i nedominantnom rukom

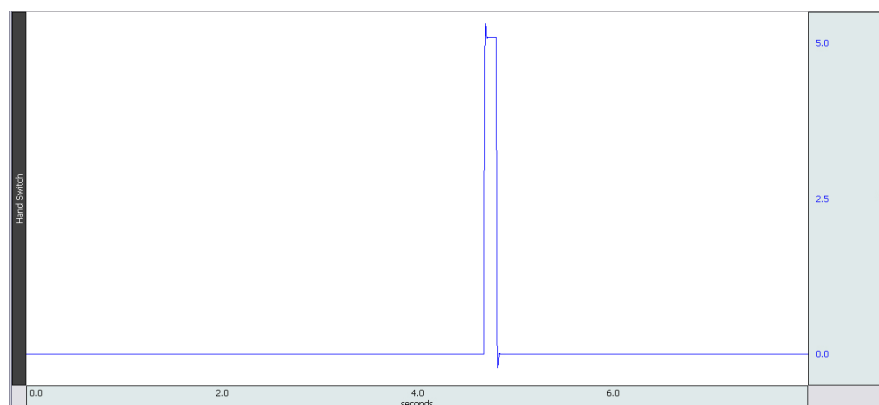
## IZVOĐENJE VJEŽBE

### MATERIJALI:

BIOPAC StudentLab jedinica za skupljanje podataka MP3X, BIOPAC slušalice (OUT1), BIOPAC tipkalo (SS10L), računalo sa software-om Biopac Student Lab 4.1

### POSTUPAK:

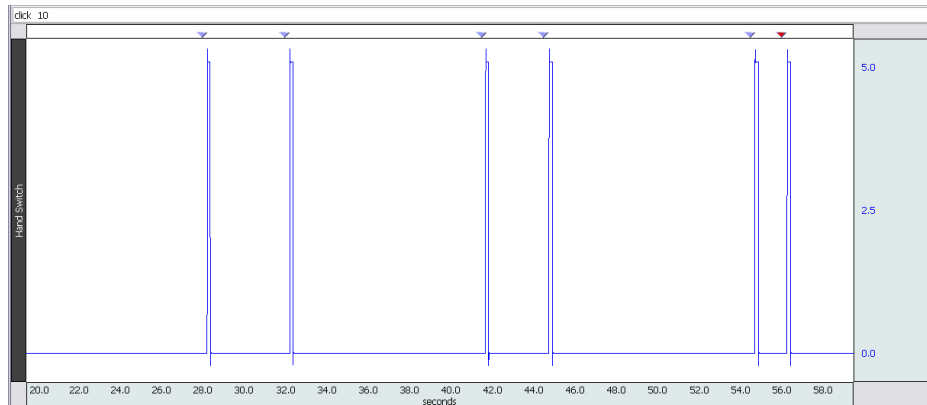
- 1. instalacija** - uključite tipkalo u odgovarajući kanal-CH 1, a slušalice u OUT 1 sa stražnje strane BIOPAC StudentLab MP3X. Uključite BIOPAC sustav, pokrenite Biopac Student Lab Program na računalo, izaberite 11. cjelinu „L11-Reaction Time I, unesite *filename* i kliknite *OK*
- 2. kalibracija** – osnovni cilj kalibracije je utvrditi jesu li slušalice i tipkalo dobro spojeni. Ispitanik stavlja slušalice na glavu, a tipkalo uzima u dominantnu ruku s palcem spremnim za pritiskanje tipke tipkala. Sjedi opušteno, zatvorenih očiju. Kada čuje zvuk u slušalicama, što brže pritisne tipkalo. Rezultat kalibracije na ekranu bi trebao izgledati kao na slici 1. Ako izgleda drugačije, ponovite kalibraciju.



Slika 1. Izgled zaslona kod kalibracije (izvor: BSL tutorial)

- 3. snimanje podataka** – prvo se snimaju podatci dok ispitanik pritiska tipku tipkala dominantnom rukom (2 seta podataka – jedan sa zvukovima koji se pojavljuju u nepravilnim intervalima, i drugi sa zvukovima koji se pojavljuju u pravilnim vremenskim intervalima), a zatim se ponavlja snimanje podataka s nedominantnom rukom. Svaki interval sadrži 10 zvukova nakon kojih se završava.

Poslije svakog odslušanoga intervala potrebno je kliknuti na Resume, kako bi podatci bili sačuvani. Tijekom snimanja podataka na ekranu se vidi oznaka kada je administriran zvuk te nakon svake oznake kada je pritisnuto tipkalo (Slika 2). Nakon što se izmjeri brzina reagiranja dominantnom, cijeli se postupak ponovi nedominantnom rukom.



Slika 2. Izgled ekrana prilikom snimanja podataka (izvor: BSL tutorial)

- 4. analiza podataka** - Review Saved Data - izaberite odgovarajuću datoteku i odredite podatke koji se traže u tablici

## REZULTATI

## Profil ispitanika:

Ime \_\_\_\_\_

Visina \_\_\_\_\_

Godine starosti \_\_\_\_\_

Težina \_\_\_\_\_

Spol \_\_\_\_\_

Dominantna ruka \_\_\_\_\_

Tablica 1. rezultati mjerenja

BROJ PODRAŽAJA	BRZINA SENZO-MOTORIČKE REAKCIJE (ms)			
	DOMINANTNA RUKA		NEDOMINANTNA RUKA	
	PROMJENJIVI INTERVALI ZVUKA	FIKSNI INTERVALI ZVUKA	PROMJENJIVI INTERVALI ZVUKA	FIKSNI INTERVALI ZVUKA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
<b>SREDNJA VRIJEDNOST</b>				

**PITANJA:**

O čemu ovisi brzina senzo-motoričke reakcije?

---

---

Koliko možemo treningom utjecati na brzinu senzo-motoričke reakcije?

---

Koji su dijelovi senzo-motoričke reakcije?

---

---

## Literatura

Guyton i Hall. Medicinska fiziologija. 12. izdanje. Medicinska naklada. Zagreb, 2012.

Heimer S, Matković B, Medved R, Medved V, Žuškin V, Oreb E. Praktikum kineziološke fiziologije. Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, 1997.

Wan JJ, Qin Z, Wang PY, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. *Exp Mol Med*. 2017;49(10):e384.

Mills KR. The basics of electromyography. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 2005;76:ii32-ii35

BIOPAC student lab Laboratory Manual. BIOPAC Systems, Inc., St Louis, 2000.

## VJEŽBA 4: INDIREKTNA PROCJENA MAKSIMALNOG UTROŠKA KISIKA (VO<sub>2</sub>max)

VO<sub>2</sub>max je maksimalna količina kisika koju organizam može potrošiti tijekom jedne minute. Tijekom mišićnog rada potrebe za kisikom rastu jer se intenziviraju metabolički procesi kojima se stvara energija potrebna za mišićnu kontrakciju. Tako se kod bavljenja tjelesnom aktivnošću primjećuje ubrzano i pojačano disanje kojim se omogućuje povećana oksigenacija krvi tj. unos kisika u krv te ubrzan rad srca, koji uz povećan udarni srčani volumen povećava srčani minutni volumen, odnosno volumen krvi koji prođe kroz srce tijekom jedne minute. Povećanjem količine krvi koja se dostavlja do skeletnih mišića (kroz povećan srčani minutni volumen) povećava se i količina dostavljenog kisika do skeletnih mišića. Sposobnost kardiovaskularnog i respiratornog sustava da dostave potrebni kisik do mišićnih stanica u kojima je povećana njegova potrošnja, glavna je odrednica sposobnosti organizma da izdrži i da funkcionira u produženim i pojačanim naporima. Mjerenjem VO<sub>2</sub>max se može odrediti u kojoj mjeri je organizam u sposobnosti odgovoriti na pojačane potrebe za kisikom tijekom fizičkog napora. Putem njega možemo procijeniti kolika je maksimalna proizvodnja energije aerobnim metabolizmom te stoga predstavlja najvažniju pojedinačnu mjeru kardiorespiratorne izdržljivosti (aerobnog kapaciteta). Izražava se u L/min (**apsolutni** maksimalni utrošak kisika) ili u ml/kg/min (**relativni** maksimalni utrošak kisika). Smatra se da je relativni maksimalni utrošak kisika pouzdaniji pokazatelj od apsolutnog jer uzima u obzir tjelesnu masu ispitanika. Konverzija iz apsolutnog u relativni je vrlo jednostavna, a radi se dijeljenjem apsolutnog maksimalnog utroška kisika (izraženog u ml/min) s masom ispitanika (u kg).

Direktna mjerenja maksimalnog primitka kisika izvode se spiroergometrijskim ispitivanjima. Spiroergometrija je dijagnostička metoda koja istovremeno procjenjuje sposobnost kardiovaskularnog i respiratornog sustava u izvođenju njihove primarne funkcije, a to je prijenos i izmjena plinova između stanica i okoline. Za ovakva ispitivanja potrebna je odgovarajuća oprema koja podrazumijeva i analizu izmjene plinova u plućima. Spiroergometrijska ispitivanja izvode se pomoću spiroergometara - uređaja kojim se prati rad pluća spirometrijski s analizom sastava plinova u izdisaju, uz EKG praćenje rada srca tijekom napora na spravi za vježbanje koja ima dozirano opterećenje (traka za trčanje ili bicikl-ergometar). Ova metoda direktnog mjerenja zlatni je standard kako u sportskoj medicini, tako i kod bolesti pluća ili srca. Rezultati kod sportaša mogu pomoći u odabiru najpovoljnijeg trenažnog procesa, kako bi se optimizirala učinkovitost treninga te postigli maksimalni rezultati. Ipak, za izvođenje spiroergometrijskih mjerenja potrebna je vrlo specifična oprema koja često nije lako dostupna.

Mnogo jednostavniji i pristupačniji način jest indirektna procjena maksimalnog primitka kisika testovima za procjenu VO<sub>2</sub>max. Ovi testovi uz korištenje lako dostupne opreme omogućavaju jednostavnu procjenu maksimalnog primitka kisika mjerenjem veličina koje su u linearnom odnosu s

VO<sub>2</sub>max. Uglavnom se zasnivaju na linearnoj povezanosti VO<sub>2</sub>max i srčane frekvencije, odnosno odgovora kardiovaskularnog sustava na tjelesnu aktivnost.

Osobe različitog stupnja utreniranosti imaju različite maksimalne utroške kisika, kako je prikazano tablicom 1.

Tablica 1. Apsolutni aerobni kapaciteti osoba različitih nivoa utreniranosti

Stupanj utreniranosti	VO <sub>2</sub> max (l/min)	
	MUŠKARCI	ŽENE
<b>DOBRO UTRENIRANE OSOBE</b>	3.7	2.7
<b>FIZIČKI AKTIVNE OSOBE</b>	2.9-3.6	2.2-2.6
<b>PROSJEČNO AKTIVNE OSOBE</b>	2.3-2.8	1.8-2.1
<b>OSOBE SEDENTARNIH ZANIMANJA I REKONVALESCENTI</b>	1.6-2.2	1.6-1.7

## CILJ VJEŽBE

Jednim od testova procijeniti nivo utreniranosti ispitanika

### TEST 1: Astrandov test

Ovaj test služi za procjenu fizičke kondicije čovjeka tako da se odredi maksimalni potrošak kisika za vrijeme mišićnog rada, indirektnom metodom na temelju srčane frekvencije pri submaksimalnom mišićnom radu. Pri intenzitetu rada koji će povećati srčanu frekvenciju na otprilike 120/min udarni volumen doseže svoje maksimalne vrijednosti. No srčani minutni volumen se i dalje povećava, kao i potrošnja kisika te oni postaju linearno proporcionalni povećanju srčane frekvencije. Pri frekvenciji srca od otprilike 130/min kod muškaraca, a 140/min kod žena, postiže se 50% maksimalnog potroška kisika. S obzirom na to da srčani minutni volumen raste nakon 120 otkucaja po minuti gotovo isključivo kao posljedica rasta srčane frekvencije, to znači da se mjerenjem srčane frekvencije pri određenom intenzitetu rada može odrediti srčani minutni volumen i preko njega potrošak kisika pri određenoj frekvenciji. Na temelju toga se može odrediti maksimalni potrošak kisika koji se očitava iz nomograma kojega su izradili Astrand i suradnici (tablica 2.). Nomogrami su dobiveni korištenjem sljedećih formula u kojima je VO<sub>2</sub>max u L/min, HR je srčana frekvencija u zadnjoj minuti vježbanja, a opterećenje izraženo u kgxm/min (Wx6.12):

**Žene:**  $VO_2\max = (0.00193 \times \text{opterećenje} + 0.326) / (0.769 \times \text{HR} - 56.1) \times 100$

**Muškarci:**  $VO_2\max = (0.00212 \times \text{opterećenje} + 0.299) / (0.769 \times \text{HR} - 48.5) \times 100$

Zbog smanjenja fiziološke reaktivnosti srčano-žilnog sustava starenjem potrebno je korigirati rezultate uporabom korekcijskih faktora za dob (tablica 3.).

### IZVOĐENJE VJEŽBE:

#### *MATERIJALI:*

bicikl-ergometar, zaporni sat, nomogram za procjenu  $VO_2\max$  (tablica 2.), korekcijski faktori za dob ispitanika (tablica 3), tablica za procjenu fizičke kondicije (tablica 4.).

#### *POSTUPAK:*

1. Prije početka mišićnog rada, u mirovanju, ispitaniku se izmjeri srčana frekvencija.
2. Ispitanik počinje okretati pedale bicikl-ergometra te uhvati ritam od otprilike 50 okreta u minuti. Opterećenje se podesi na 50 W za žene, odnosno 100 W za muškarce.
3. Ispitanik obavlja mišićni rad tijekom 6 minuta, a frekvencija srca mjeri se na kraju svake minute (od 45. sekunde do kraja te minute).
4. Slijedi odmor od 10 minuta.
5. Nakon odmora, ispitanik ponavlja isti postupak, samo se povećava opterećenje koje će sada biti 75 W za žene te 150 W za muškarce.
6. Važno je postići srčanu frekvenciju od 120/min, pa ako te vrijednosti u prethodnim opterećenjima nisu postignute, ispitanik treba ponoviti postupak uz opterećenje 100W za žene te 200W za muškarce.

Ispitanik obavlja mišićni rad, dok mu drugi student određuje frekvenciju srca, palpacijom a. carotis tako da se pomoću zapornog sata mjeri vrijeme koje je potrebno da se nabroji 30 srčanih udara. Zatim se iz te dobivene vrijednosti izračuna frekvencija prema formuli:  $\text{frekvencija}/\text{min} = 1800/x$ , gdje je x vrijeme u sekundama potrebno da se nabroji 30 srčanih udara.

#### *PRIKAZ I TUMAČENJE REZULTATA:*

Rezultate mjerenja frekvencije srca u svakoj minuti treba zabilježiti. Zatim se izračuna prosječna vrijednost frekvencije u 5. i 6. minuti rada. Iz ove prosječne frekvencije srca iz tablice se očitava maksimalni potrošak kisika (tablica 2.), očitana vrijednost pomnoži se odgovarajućim korekcijskim faktorom (tablica 3.) i na temelju te vrijednosti procijeni se stupanj fizičke kondicije iz tablice (tablica 4.). Ova vježba pokazuje kako se određivanjem frekvencije pri različitim opterećenjima dobije isti rezultat maksimalnog potroška kisika.



Tablica 2. Nomogram za procjenu VO<sub>2</sub>max na osnovi stabilne srčane frekvencije u naporu

HR	MUŠKARCI				ŽENE			
	opterećenje (W)				opterećenje (W)			
	50	100	150	200	50	100	150	200
120	2,2	3,5	4,8		2,6	3,4	4,1	4,8
121	2,2	3,4	4,7		2,5	3,3	4,0	4,8
122	2,2	3,4	4,6		2,5	3,2	3,9	4,7
123	2,1	3,4	4,6		2,4	3,1	3,9	4,6
124	2,1	3,3	4,5	6,0	2,4	3,1	3,8	4,5
125	2,0	3,2	4,4	5,9	2,3	3,0	3,7	4,4
126	2,0	3,2	4,4	5,8	2,3	3,0	3,6	4,3
127	2,0	3,1	4,3	5,7	2,2	2,9	3,5	4,2
128	2,0	3,1	4,2	5,6	2,2	2,8	3,5	4,2
129	1,9	3,0	4,2	5,6	2,2	2,8	3,4	4,1
130	1,9	3,0	4,2	5,6	2,1	2,7	3,4	4,0
131	1,9	2,9	4,0	5,4	2,1	2,7	3,4	4,0
132	1,8	2,9	4,0	5,3	2,0	2,7	3,3	3,9
133	1,8	2,8	3,9	5,3	2,0	2,6	3,2	3,8
134	1,8	2,8	3,9	5,2	2,0	2,6	3,2	3,8
135	1,7	2,8	3,8	5,1	2,0	2,6	3,1	3,7
136	1,7	2,7	3,8	5,0	1,9	2,5	3,1	3,6
137	1,7	2,7	3,7	5,0	1,9	2,5	3,0	3,6
138	1,6	2,7	3,7	4,9	1,8	2,4	3,0	3,5
139	1,6	2,6	3,6	4,8	1,8	2,4	2,9	3,4
140	1,6	2,6	3,6	4,8	1,8	2,4	2,8	3,4
141		2,6	3,5	4,7	1,8	2,3	2,8	3,4
142		2,5	3,5	4,6	1,7	2,3	2,8	3,3
143		2,5	3,5	4,6	1,7	2,2	2,7	3,3
144		2,4	3,4	4,5	1,7	2,2	2,7	3,2
145		2,4	3,4	4,5	1,6	2,2	2,7	3,2
146		2,4	3,3	4,4	1,6	2,2	2,6	3,2
147		2,4	3,3	4,4	1,6	2,1	2,6	3,1
148		2,4	3,2	4,3	1,6	2,1	2,6	3,1
149		2,3	3,2	4,3		2,1	2,6	3,0
150		2,3	3,2	4,2		2,0	2,5	3,0
151		2,3	3,1	4,2		2,0	2,5	3,0
152		2,3	3,1	4,1		2,0	2,5	2,9
153		2,2	3,0	4,1		2,0	2,4	2,9
154		2,2	3,0	4,0		2,0	2,4	2,8
155		2,2	3,0	4,0		1,9	2,4	2,8
156		2,2	2,9	4,0		1,9	2,3	2,8
157		2,1	2,9	3,9		1,9	2,3	2,7
158		2,1	2,9	3,9		1,8	2,3	2,7
159		2,1	2,8	3,8		1,8	2,2	2,7
160		2,1	2,8	3,8		1,8	2,2	2,6
161		2,0	2,8	3,7		1,8	2,2	2,6
162		2,0	2,8	3,7		1,8	2,2	2,6
163		2,0	2,8	3,7		1,7	2,2	2,6
164		2,0	2,7	3,6		1,7	2,1	2,5
165		2,0	2,7	3,6		1,7	2,1	2,5
166		1,9	2,7	3,6		1,7	2,1	2,5
167		1,9	2,6	3,5		1,6	2,1	2,4
168		1,9	2,6	3,5		1,6	2,0	2,4
169		1,9	2,6	3,5		1,6	2,0	2,4
170		1,8	2,6	3,4		1,6	2,0	2,4

Tablica 3. Korekcijski faktori za dob

DOB (god)	KOREKCIJSKI FAKTOR
30 ili manje	1,00
31-37	0,87
38-42	0,83
43-47	0,78
48-52	0,75
53-57	0,71
58-62	0,68
63-67	0,65

Tablica 4. Procjena nivoa kondicije

	Dob (god)	KONDICIJA (utrošak kisika u l/min)				
		slaba	Ispod prosječna	prosječna	Iznad prosječna	Izrazito dobra
<b>ŽENE</b>	20-29	≤1.69	1.70-1.99	2.00-2.49	2.50-2.79	≥2.8
	30-39	≤1.59	1.60-1.89	1.90-2.39	2.40-2.69	≥2.79
	40-49	≤1.49	1.50-1.79	1.80-2.29	2.30-2.59	≥2.60
	50-65	≤1.29	1.30-1.59	1.60-2.09	2.10-2.39	≥2.40
<b>MUŠKARCI</b>	20-29	≤2.79	2.80-3.09	3.10-3.69	3.70-3.99	≥4.00
	30-39	≤2.49	2.50-2.79	2.80-3.39	3.40-3.69	≥3.70
	40-49	≤2.19	2.20-2.49	2.50-3.09	3.10-3.39	≥3.40
	50-59	≤1.89	1.90-2.19	2.20-2.79	2.80-3.09	≥3.10
	60-69	≤1.59	1.60-1.89	1.90-2.49	2.50-2.79	≥2.80

**REZULTATI:****Profil ispitanika:**

Ime: \_\_\_\_\_

Dob: \_\_\_\_\_

Spol: \_\_\_\_\_

Tablica 5. Rezultati Astrandovog testa

OPTEREĆENJE (W)			
HR prije aktivnosti			
HR u 1 min			
HR u 2 min			
HR u 3 min			
HR u 4 min			
HR u 5 min			
HR u 6 min			
VO <sub>2</sub> max			
KONDICIJA			

## TEST 2: Harvard step test

Ovaj test razvijen je na Sveučilištu Harvard 1943. godine. Vrlo je lak za izvedbu i potrebna je minimalna oprema. Izvodi se tako što se ispitanik tijekom 5 minuta jednolikim ritmom penje i spušta s klupice standardne visine 50.8 cm. Na osnovi srčane frekvencije u oporavku nakon napora može se izračunati fitness indeks koji je povezan sa VO<sub>2</sub>max i govori o nivou kondicije.

### IZVOĐENJE VJEŽBE:

#### *MATERIJALI:*

klupica ili stepenica visine 50.8 cm, zaporni sat, metronom

#### *POSTUPAK:*

Ispitanik se penje na klupicu i spušta svake 2 sekunde (30 penjanja /min što se regulira otkucajima metronoma) tijekom 5 minuta, ili kraće (ako ne može zadržati tempo tijekom 15 s). Nakon toga ispitanik sjedne te mu se mjeri broj otkucaja srca u oporavku u vremenu 1-1.5 minute, 2-2.5 minute te 3-3.5 minute.

Fitness indeks računa se po formuli:

$$(100 \times \text{vrijeme aktivnosti (s)}) / (2 \times \text{suma broja otkucaja u oporavku})$$

Napomena: koristi se ukupni broj otkucaja u periodima od po 30 sekundi, ne srčana frekvencija!

**Prikaz i tumačenje rezultata:**

Zabilježiti vrijeme izvođenja tjelesne aktivnosti u sekundama (je li ispitanik dovršio test do kraja ili je ranije prekinuo). Zabilježiti broj otkucaja u periodima od 30 sekundi u kojima je mjereno broj otkucaja u oporavku. Prema veličini izračunatog fitness indeksa iz tablice 6. se očitava nivo utreniranosti:

Tablica 6. Nivoi utreniranosti prema vrijednosti fitness indeksa dobivenog Harvard step testom

	<b>KONDICIJA</b>				
	slaba	Ispod prosječne	prosječna	Iznad prosječne	Izrazito dobra
<b>FITNESS INDEX</b>	<54	54-67	68-82	83-96	>96

**REZULTATI:**

Ime: \_\_\_\_\_

Dob: \_\_\_\_\_

Spol: \_\_\_\_\_

Ukupno vrijeme provedeno u aktivnosti (s): \_\_\_\_\_

Tablica 7. Rezultati mjerenja pulsa u Harvard step testu

<b>Vrijeme mjerenja</b>	<b>BROJ OTKUCAJA</b>
<b>60.-90.s (1-1.5 min)</b>	
<b>120.-150.s (2-2.5 min)</b>	
<b>180.-210.s (3-3.5 min)</b>	
<b>UKUPNO OTKUCAJA</b>	

FITNESS INDEKS \_\_\_\_\_

KONDICIJA: \_\_\_\_\_

## TEST 3: Cooper test

Vrlo popularan test za određivanje nivoa kondicije, u kojem se ispitanik tijekom 12 minuta kreće (trči i hoda najbrže što može), a na osnovi prijeđenog puta tijekom testa računa se  $VO_2\text{max}$ . Ovaj se test može izvoditi na otvorenom ili u zatvorenom prostoru (na stazi za trčanje ili bilo kojoj drugoj stazi na kojoj se može izmjeriti duljina prijeđenog puta ili na pokretnoj traci), i vrlo je pogodan za testiranje veće grupe ispitanika istovremeno.

### IZVOĐENJE VJEŽBE:

#### MATERIJALI:

zaporni sat, staza za trčanje ili pokretna traka

#### POSTUPAK:

Ispitanik se, nakon zagrijavanja, kreće (trči i/ili hoda) tempom koji sam odredi tijekom 12 minuta testa. Nakon isteka vremena izmjeri se prijeđeni put

Na osnovi prijeđenog puta izračunava se  $VO_2\text{max}$  u ml/kg/min prema formuli:

$$VO_2\text{max} = (\text{put (m)} - 504.9) / 44.73$$

U formuli je put izražen u metrima. Ako se put mjeri u miljama, potrebno je prije računanja  $VO_2\text{max}$  put izraziti u metrima (1 milja= 1610 m).

Također se može, prema normama koje je odredio sam Cooper (*Cooper, KH. 1968. A means of assessing maximal oxygen uptake, Journal of the American Medical Association 203: 201-204*) direktno iz izmjenog prijeđenog puta odrediti nivo kondicije prema tablicama 8. i 9.:

Tablica 8. Nivoi utreniranosti prema rezultatu Cooper testa za **muškarce** (m)

dob	Slaba	Ispod prosječna	Prosječna	Iznad prosječna	Izrazito dobra
<b>20-29</b>	<1600	1600-2199	2200-2399	2400-2800	>2800
<b>30-39</b>	<1500	1500-1999	1900-2299	2300-2700	>2700
<b>40-49</b>	<1400	1400-1699	1700-2099	2100-2500	>2500
<b>50+</b>	<1300	1300-1599	1600-1999	2000-2400	>2400

Tablica 9. Nivoi utreniranosti prema rezultatu Cooper testa za žene (m)

dob	Slaba	Ispod prosječna	Prosječna	Iznad prosječna	Izrazito dobra
20-29	<1500	1500-1799	1800-2199	2200-2700	>2700
30-39	<1400	1400-1699	1700-1999	2000-2500	>2500
40-49	<1200	1200-1499	1500-1899	1900-2300	>2300
50+	<1100	1100-1399	1400-1699	1700-2200	>2200

**REZULTATI:**

Ime: \_\_\_\_\_

Dob: \_\_\_\_\_

Spol: \_\_\_\_\_

Prijedeći put u miljama: \_\_\_\_\_

Prijedeći put u metrima: \_\_\_\_\_

Nivo kondicije: \_\_\_\_\_

VO<sub>2</sub>max \_\_\_\_\_**TEST 4: Određivanje maksimalnog utroška kisika na osnovi HRrest**

Uth, Sorensen, Overgaard i Pedersen su 2004. svojom meta-analizom pod nazivom „*Estimation of VO<sub>2</sub>max from the ratio between HRmax and HRrest*“ potvrdili da se **kod utreniranih pojedinaca** relativno pouzdano (s pogreškom do 4,5%) može utvrditi VO<sub>2</sub>max iz izmjerenih vrijednosti HR u mirovanju (HRrest) i HRmax, koji se bez bitnog povećanja pogreške mjerenja može i računski dobiti na osnovi starosti ispitanika, preko formule iz rada Tanake i suradnika (2004):

$$HR_{max} = 208 - (0,7 \times \text{godine})$$

$$VO_{2max} = 15 \times (HR_{max} / HR_{rest})$$

**Napomena:** pouzdanost rezultata potvrđena je samo za utrenirane sportaše pa se ova metoda može koristiti samo za okvirno određivanje utreniranosti, a rezultati se trebaju provjeriti nekom od drugih metoda procjene VO<sub>2</sub>max.

**IZVOĐENJE VJEŽBE:****MATERIJALI:**

zaporni sat

**POSTUPAK:**

Izmjeriti puls u mirovanju (HRrest). Pomoću formule Tanake i sur. odrediti HRmax. Izračunati VO<sub>2</sub>max i iz tablice 10. očitati kondiciju za odgovarajuću dobnu skupinu.

Tablica 10. Vrijednosti VO<sub>2</sub>max u pojedinim kategorijama kondicije

		<b>KONDICIJA (VO<sub>2</sub>max)</b>				
	<b>Dob (god)</b>	<b>vrlo loša</b>	<b>loša</b>	<b>osrednja</b>	<b>vrlo dobra</b>	<b>izvrsna</b>
<b>ŽENE</b>	20-29	≤35	36-39	40-43	44-49	≥50
	30-39	≤33	34-36	37-40	41-45	≥46
	40-49	≤31	32-34	35-38	39-44	≥45
	50-59	≤24	25-28	29-30	31-34	≥35
	60-69	≤25	26-28	29-31	32-35	≥36
	70-79	≤23	24-26	27-29	30-35	≥36
<b>MUŠKARCI</b>	20-29	≤41	42-45	46-50	51-55	≥56
	30-39	≤40	41-43	44-47	48-53	≥54
	40-49	≤37	38-41	42-45	46-52	≥53
	50-59	≤34	35-37	38-42	43-49	≥50
	60-69	≤30	31-34	35-38	39-45	≥46
	70-79	≤27	28-30	31-35	36-41	≥42

**REZULTATI:**

Ime: \_\_\_\_\_

Dob: \_\_\_\_\_

Spol: \_\_\_\_\_

HRrest: \_\_\_\_\_

HRmax: \_\_\_\_\_

VO<sub>2</sub>max \_\_\_\_\_

kondicija: \_\_\_\_\_

**PITANJA**

Kako se kardiovaskularni sustav prilagođava na mišićni rad?

---

---

Objasni vezu između utroška kisika i srčane frekvencije tijekom mišićnog rada

---

---

Što je VO<sub>2</sub>max?

---



## Literatura

Heimer S, Matković B, Medved R, Medved V, Žuškin V, Oreb E. Praktikum kineziološke fiziologije. Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, 1997.

Uth N, Sorensen H, Overgaard K, Pedersen PK. Estimation of VO<sub>2</sub>max from the ratio between HR max and HR rest – the Heart Rate Ratio Method. Eur J Appl Physiol. 2004; 91(1): 111-115.

Astrand PO and Rhyning I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. J Appl Physiol. 1954; 7: 218-221.

Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen uptake – correlation between field and treadmill testing. J Am Med Assoc. 1968; 203: 201-204.

Tanaka H, Monahan KD and Seals DR. Age predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol 2001; 37: 153-156.

Tomchuk D. Aerobic capacity and Cardiorespiratory Fitness Testing in Tomchuk D: Companion Guide to Measurement and Evaluation for Kinesiology. Sudbury MA. Jones and Bartlett Learning. 2011.

## VJEŽBA 5: EUROFIT

Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO od engl. World Health Organization), **zdravlje** se definira kao „stanje potpunog fizičkog, psihičkog i socijalnog blagostanja, a ne samo odsustvo bolesti i oronulosti“. Zdravlje predstavlja kapacitet koji nam dopušta uspješno podnijeti izazove svakodnevice i realizaciju punih kapaciteta. U tom smislu glavni indikator zdravlja su funkcionalne sposobnosti čovjeka. Funkcionalna sposobnost odn. **fitnes** (engl. *physical fitness*) jest sposobnost obavljanja profesionalnih obveza i dnevnih aktivnosti bez osjećaja preopterećenja. Osim genetskih čimbenika koji su vrlo važna odrednica funkcionalne sposobnosti, također važan utjecaj imaju i građevno-fiziološke karakteristike. One su pod utjecajem vanjskih faktora, kao što su stil života i tjelesna aktivnost i kroz njih je moguće modificirati ove karakteristike tako da se ukupna funkcionalna sposobnost poveća. Od djetinjstva pa kroz cijeli život viši nivo fitnesa povezan je s pozitivnim posljedicama na zdravlje i razvoj koštanog sustava, očuvanje mentalnog zdravlja, prevenciju pretilosti i bolesti krvožilnog sustava. Uvođenjem redovite tjelesne aktivnosti utječemo na građevno-fiziološke karakteristike u smislu poboljšanja ukupnog fitnesa i poboljšanja zdravlja svakog pojedinca. Pri tom treba razdvojiti i razlikovati pojmove vježbanje i tjelesna aktivnost, kao i pojmove neaktivnost i sedentarizam. Pojam **tjelesna aktivnost** označava svaki mišićni rad s odgovarajućim povećanjem energetske potrošnje iznad razine u mirovanju te ne mora obavezno sadržati elemente organiziranog vježbanja kao takvog. U pojam tjelesne ulazi svaka aktivnost koja povećava energetske potrošnje te ona pored vježbanja i prakticiranja sporta obuhvaća i druge vrste aktivnosti, npr. težak fizički rad i sl. Dakle, čovjek ne mora nužno biti sportaš da bi se mogao kvalificirati kao tjelesno aktivna osoba. S tehnološkom revolucijom, s kojom je došlo do smanjenja fizičkog rada na većini poslova u kojoj su težak fizički rad preuzeli strojevi, postoji sve veća potreba za uvođenjem sportskih aktivnosti kako bi se povećao nivo tjelesne aktivnosti kod ljudi koji uglavnom sjede i provode veći dio vremena bez promjene položaja tijela. Upravo ovaj fenomen doveo je do pojma sedentarizma koji predstavlja udio vremena kojega čovjek provede u nepromijenjenom položaju, uglavnom sjedeći. Sedentarne aktivnosti su sve one aktivnosti koje se provode bez promjene položaja tijela, a uglavnom se mjere preko tzv „*screen-time*“, odnosno vremena provedenog pred raznim ekranima i zaslonima (TV, mobilni telefon, računalo). Ipak, sedentarizam je drugačiji pojam od neaktivnosti, iako je njezin dio. Tjelesna neaktivnost je potpuno odsustvo bilo kojih aktivnosti koje uključuju pokretanje i kontrakciju skeletnih mišića te povećan utrošak energije. Dakle, tjelesna je neaktivnost ustvari nedostatak aktivnosti mišića koja za sobom vuče smanjenu potrošnju energije. Većina tjelesno neaktivnih ljudi je sedentarno, ali nisu svi sedentarni ujedno i tjelesno neaktivni. Čak su i sportaši u današnje vrijeme ponekad vrlo sedentarni jer se i kod njih vrijeme provedeno u aktivnostima uz ekran mjeri u satima. Sedentarne aktivnosti na zdravlje čovjeka utječu negativno, čak i kod onih koji su inače tjelesno aktivni, jednim dijelom jer su povezane sa stilom života koji obično donosi i brzu hranu, bogatu energijom, ali siromašnu nutrijentima te su generalno povezane s rizikom za mnoge

bolesti. Stoga je vrlo važno radi zdravlja ljudi smanjiti vrijeme provedeno u sedentarnim aktivnostima, a povećati tjelesnu aktivnost koja će dovesti do povećanja funkcionalnih sposobnosti. Istraživanja koja prate trendove i mjere funkcionalne sposobnosti u zadnjim desetljećima pokazuju da s razvojem tehnologije, koji je praćen smanjenim potrebama za kretanjem, dolazi do promjena u svim komponentama koje karakteriziraju funkcionalne sposobnosti. Mijenjaju se glavne karakteristike funkcionalnih sposobnosti od morfoloških karakteristika koje pokazuju trend povećanja tjelesne mase, povećanja sadržaja masnog tkiva u tijelu, do smanjenja kardiorespiratorne izdržljivosti, motoričkih sposobnosti, kao i jakosti i snage te isto tako dolazi do smanjenja fleksibilnosti. Sve ove promjene povezane su sa smanjenjem nivoa tjelesne aktivnosti i povećanim sedentarizmom, koji nepovoljno utječe na zdravlje čovjeka.

**Funkcionalna sposobnost** i zdravlje su usko povezani pa tako tjelesna aktivnost povećanjem funkcionalnih sposobnosti doprinosi zaštiti i unapređenju zdravlja preventivom, ali po potrebi i kurativom i rehabilitacijom. Zbog toga je uveden pojam **zdravstvenog fitnesa** (engl. *health related fitness*) kojim se označavaju one njegove komponente na koje tjelesna aktivnost može utjecati i time se odraziti na zdravlje. Definiciju ovog pojma prvi je ponudio Caspersen s koautorima (1985.) koji je definirao **Health related fitness** kao multidimenzioni konstrukt koji se sastoji od 5 komponenata: kardiorespiratorna izdržljivost, mišićna snaga, mišićna izdržljivost, fleksibilnost i sastav tjelesne mase. Kardiorespiratorna izdržljivost je definirana kao sposobnost respiratornog i krvožilnog sustava da izdrži produljenu napornu tjelesnu aktivnost. Mišićna snaga je definirana kao sposobnost mišićnog sustava da proizvede silu protiv otpora u maksimalnoj kontrakciji. Mišićna izdržljivost je sposobnost mišićnog sustava da proizvodi silu u produljenom vremenu. Mišićna snaga i izdržljivost zajedno se promatraju kao mišićni fitness. Fleksibilnost se ogleda kroz opseg pokreta u zglobovima. Sastav tjelesne mase je komponenta koja najočiglednije pokazuje utjecaj tjelesne aktivnosti na tijelo čovjeka. Obično se promatraju udjeli masnog tkiva, mišića, i vode u tijelu. Svi ovi dijelovi zdravstvenog fitnesa su uključeni u njegovu definiciju zbog toga što su pod direktnim utjecajem tjelesne aktivnosti, a povezani su, tj. imaju utjecaj na zdravlje ljudi. Utjecaj kardiorespiratorne izdržljivosti na zdravlje je neupitan i dokazan mnogim znanstvenim studijama. Također je pokazano da mišićna snaga i izdržljivost smanjuju inzulinsku rezistenciju, kao i rizik od krvožilnih bolesti te su povezani sa smanjenim udjelom visceralnog masnog tkiva. Longitudinalne studije su pokazale veliku važnost mišićnog fitnesa u mladosti radi očuvanja zdravlja u kasnijim godinama života.

Stoga je potrebno razviti načine da ljudi postanu i ostanu aktivni kako bi očuvali zdravlje.

Pojam **eurofit** za odrasle predstavlja metode i postupke za procjenu fitnesa odraslih, pri čemu je poseban naglasak stavljen na funkcionalne kapacitete povezane sa zdravljem.

Cilj eurofita je provođenje mjera za unapređenje zdravlja, funkcionalnih i motoričkih sposobnosti pojedinca i odrasle populacije u zemljama Europe. Eurofit strategija počinje nacionalnim istraživanjima

funkcionalnih sposobnosti u raznim dijelovima Europe. Svrha takvog istraživanja jest procjena zdravstvenog fitnesa, evaluacija rezultata u odnosu na standardne norme populacije te stvaranje baze znanja i poticanje akcije za unaprjeđenje sportsko-rekreacijskih aktivnosti i zdravstvenog fitnesa. Ujedno se otvara prostor za nova istraživanja povezanosti tjelesne aktivnosti i nacionalnog morbiditeta i mortaliteta. Osvještavanje važnosti tjelesne aktivnosti u očuvanju poboljšanju zdravlja na nacionalnom, regionalnom i globalnom nivou je početna faza za povećanje brige za zdravlje ljudi te za uvođenje redovitog vježbanja u kulturu življenja čime se poboljšava kvaliteta života, a samim tim i zdravlje.

Pri izvođenju Eurofit baterije testova rade se četiri grupe testova;

1. Aerobni fitnes
2. Mišićno-koštani fitnes
3. Motorički fitnes
4. Struktura tijela

Eurofit za odrasle primjenjuje se na odrasloj radnoj populaciji u dobi od 18 do 65 godina oba spola. Koncipiran je tako da bude praktičan i primjenjiv u uobičajenim terenskim uvjetima te da omogućiti određivanje funkcionalnih karakteristika bez skupe i često nedostupne laboratorijske opreme.

### 1. Aerobni fitnes

Ovim testovima se određuje maksimalni primitak kisika pri povećanoj tjelesnoj aktivnosti.

- a) Najčešće se koristi **Astrandov test** - procjena fizičke kondicije čovjeka određivanjem maksimalnog potroška kisika tijekom mišićnog rada indirektnom metodom na temelju frekvencije srca pri submaksimalnom mišićnom radu. Potreban nam je biciklergometar i štoperica, a test se izvodi u zatvorenoj prozračnoj prostoriji, sobne temperature 18-22°C. ispitanik vozi biciklergometar 6 minuta pri čemu se mjeri frekvencija srca koja mora poslije prve minute prijeći 120 otkucaja, inače se povećava opterećenje na biciklergometru. Na kraju testa uzima se prosjek stabilnih srčanih frekvencija (koje se ne razlikuju za više od 5 otkucaja/min) te se iz Astrandovih tablica očitava maksimalni primitak kisika za tu frekvenciju i spol. Za ispitanike starije od 25 godina postoje korekcijske tablice za dob.
- b) **Hodanje u dužini 2 km** – procjena maksimalnog utroška kisika ovom metodom upotrebljava se uglavnom za testiranje ljudi smanjene kondicije te starije populacije koja ne može izdržati napore npr. Astrandovog testa. Izvodi se tako što se mjeri vrijeme koje je potrebno za prelazak udaljenosti od 2 km te se na kraju (po prelasku 2 km hodanjem najbržim mogućim tempom) mjeri

srčana frekvencija (HR). Za izračun  $VO_2\max$  potrebno je znati i BMI te dob osobe, a koristi se formula:

$$VO_2\max \text{ (ml/min/kg)} = 11,2 - 2,98 \times \text{vrijeme hodanja (s)} - 0,11 \times \text{HR} - 0,14 \times \text{dob (god)} - 0,39 \times \text{BMI}$$

Ovaj test nije prikladan za testiranje pojedinaca dobre i iznadprosječne kondicije.

- c) **Trčanje naizmjeničnim smjerom 20m do otkaza (Beep test)** test je koji se može primijeniti na otvorenom ili u zatvorenom prostoru s minimalnom opremom. Potreban je prostor minimalnih dimenzija 10x30 m te snimljen signal za početak i kraj dionice. Ispitanik pretrčava udaljenost 20 m tako što kreće na zvuk signala i do idućeg zvuka treba stići do oznake. Nivoi iste brzine trčanja traju po 60 s, početna brzina je 8,5 km/h, a ta ona se svakih 60 s povećava za 0,5 km/h (razdoblje između zvučnih signala se skraćuje). Test se prekida kada ispitanik dva puta zaredom ne stigne pretrčati zadanu razdaljinu između dva zvučna signala. Broji se nivo i broj istrčanih dionica u svakom nivou kako bi se odredila kardiorespiratorna izdržljivost. Razvijene su i različite formule kojima je moguće izračunati  $VO_2\max$  na osnovi rezultata beep testa, a jedna od novijih je ona Flourisa i suradnika iz 2005. godine:

$$VO_2\max = (v \times 6,65 - 35,8) \times 0,95 + 0,182$$

gdje je v maksimalna postignuta brzina u testu

## 2. Mišićno-koštani fitness

Preporučeni testovi u Eurofitu su

- a) **Dizanje trupa u sjed (dinamički pretkloni)** - test se izvodi u tri uzastopne razine, a cilj je izvesti 5 ponavljanja pretklona na svakoj. Ispitanik legne na leđa i savije koljena pod 90°, ispitivač drži ispitanikova stopala.
- Prvih se pet pretklona izvodi ispruženih ruku pri čemu su dlanovi položeni na natkoljenice te pri svakom pretklonu ispitanik mora objema rukama doseći sredinu patele.
- Drugih pet pretklona se izvodi rukama prekriženim na prsima pri čemu se laktovima moraju dotaknuti natkoljenice u svakom pretklonu.
- Zadnjih pet pretklona jagodice prstiju moraju dodirivati stražnji dio uške, a laktovi opet moraju dotaknuti natkoljenicu pri svakom pretklonu.
- Svih petnaest pretklona se izvodi bez stanke. Bilježi se ukupan broj ispravno izvedenih (0-15)
- b) **Jakost šake (dinamometrija)** - koristi se za mjerenje statičke jakosti šake, mjeri se dinamometrom, a zadatak je što jače stisnuti hvataljke dominantnom ispruženom rukom. Mjere se dva pokušaja te se uzima bolji rezultat (u kilopondima). Hvataljke dinamometra moraju biti prilagođene veličini šake tako da drugi zglobovi kažiprsta bude pod pravim kutom, a trzaji ruke i tijela nisu dozvoljeni.

- c) **Test fleksibilnosti: dohvat u sjedu (sit-and-reach)** - izvodi se tako da ispitanik sjedi na podu ispruženih nogu i doseže rukama što je moguće dalje, u završnom položaju treba ostati barem 2-3 sekunde bez njihanja. Služe za vrednovanje savitljivosti trupa i „napetost“ stražnje lože. Vršer se dva mjerenja te se rezultat očitava centimetrom u negativnim ili pozitivnim vrijednostima. Za izvođenje ovog testa koristi se posebno dizajnirana klupica koja se postavlja tako da se ispitanik stopalima odupire od vertikalne plohe, dok je na horizontalnoj mjerna skala. Nula mjerne skale je u ravnini sa stopalima ispitanika. Ako isti ne može u pretklonu dosegnuti svoja stopala rezultat je u negativnim vrijednostima (udaljenost u cm od vertikalne plohe do dohvata), a ako doseže više od ravnine stopala, tada ima pozitivne rezultate (udaljenost u cm od vertikalne plohe do dohvata).
- d) **Skok u vis s mjesta** - svrha je izmjeriti maksimalni skok što odražava najveću jakost, snagu i koordinaciju mišića nogu. Visina skoka u vis mjeri se mjernom vrpcom čiji je jedan kraj učvršćen na pojas ispitanika, a drugi slobodno kliže ispod ploče na podu. Prije testiranja potrebno je opće zagrijavanje od nekoliko minuta. Ispitanik uspravno stoji ispred ploče na podu, bilježi se broj na mjernoj vrpici zatim ispitanik skoči u vis koliko može uz korištenje ritmičkih zamaha ruku te mora doskočiti navise nekoliko centimetara od mjesta odskoka. Uzima se najbolji rezultat (u centimetrima) od tri pokušaja.

### 3. Motorički fitnes

- a) **Test ravnoteže na jednoj nozi** - koristi se za vrednovanje ravnoteže cijelog tijela. Opća se ravnoteža označava kao sposobnost održavanja ravnoteže na jednoj nozi na ravnoj podlozi zatvorenih očiju. Mjeri se broj pokušaja do dostizanja ukupnog trajanja njezina držanja od 30 sekundi. Test se izvodi bosom nogom ili u čarapama, dozvoljeno je pokretanje ruku te slobodne noge, ali ne i skakanje kao ni micanje položaja noge. Sat se uključuje u trenutku njezina postizanja, a isključuje kad ispitanik izgubi ravnotežu te se nastavlja novim pokušajem.
- b) **Tapping na ploči** - služi da bismo izmjerili izmjenične pokrete ruke u određenom zadatku, mjeri se pomoću ploče za tapping podesive prema visini. Zadatak je dominantnom rukom izmjenično doticati dva diska što je brže moguće tijekom 20 sekundi. Ispitanik stoji uz ploču za tapping, nedominantna ruka je položena na pravokutnu podlogu na sredini ploče, a dominantna na suprotni disk tako da su ruke međusobno ukrižene. Izvode se dva pokušaja, a rezultat je broj ciklusa u 20 sekundi u boljem pokušaju.

#### 4. Struktura tijela (morfološka obilježja)

- a) **Indeks tjelesne mase (BMI- body mass indeks)** - izmjeri se ispitanikova tjelesna težina u kilogramima i njegova visina u metrima te se izračuna  $BMI = \text{tjelesna težina (kg)}/\text{tjelesna visina m}^2$ , pri čemu ovaj podatak ukazuje na stupanj pretilosti ispitanika;
- b) **Indeks tipa pretilosti (WHR – waist-to-hip-ratio)** - određuje tip pretilosti. Postoje dva tipa; centralna i generalna pretilost. Centralni je tip povezan s većim rizikom razvoja kardiovaskularnih bolesti. Izračunava se omjerom opsega struka i opsega bokova u centimetrima. Opseg struka mjeri se centimetarskom vrpcom na najužem mjestu, a opseg bokova na najširem mjestu preko kukova
- c) **Postotak masnog tkiva** - izračunava se pomoću nekoliko jednadžbi nakon što izmjerimo kožne nabore uz pomoć kalipera (pomična mjerka). Moraju se poštivati određena pravila prilikom mjerenja kožnih nabora da bi očitavanja bila standardizirana. Sva se mjerenja po Eurofit uputama izvode na desnoj strani tijela, kaliperom se hvata sredina podignutog nabora pri čemu on treba biti pod pravim kutom prema naboru koji se ne smije savijati. Vrš se dva mjerenja i uzima njihova prosječna vrijednost. Mjerenja se vrše na četiri mjesta; **nabor nad bicepsom** - ispitanik stoji ruke opuštene uz tijelo, točka mjerenja je između akromijalnog nastavka i olekranona iznad trbuha bicepsa te se palcem i kažiprstom podigne nabor u smjeru od sredine lakatne jame prema glavi humerusa. **Nabor nad tricepsom** - ispitanik stoji s ruke opuštene uz tijelo dlanom okrenutim prema naprijed, a mjesto mjerenja i smjer nabora je isto kao u prethodnom samo straga, iznad tricepsa ruke. **Nabor pod lopaticom (subskapularni)** - ispitanik stoji opuštene ramena, napipa se medijalni rub lopatice i nađe njezin donji kut, napravi se kosi nabor od oko 45° prema dolje i van. **Nabor iznad zdjelične kosti (suprailijakalni)** - ispitanik stoji lagano savijene podlaktice desne ruke te se napravi horizontalni nabor neposredno iznad ruba zdjelične kosti u srednjoj postraničnoj liniji. Izmjereni kožni nabori se zbrajaju, a uporaba jednadžbi po Durnin-Womersley iz 1974. za određeni spol i dob ispitanika (tablica 1.) daje postotak masnog tkiva, na osnovi kojega se može zaključiti o nivou uhranjenosti pojedinca.

Tablica 1. Formule za izračunavanje % masnog tkiva na osnovi mjerenja kožnih nabora po Durnin-Womersley formuli

Dob (god)	muškarci	žene
< 17	$D = 1.1533 - (0.0643 \times L)$	$D = 1.1369 - (0.0598 \times L)$
17-19	$D = 1.1620 - (0.0630 \times L)$	$D = 1.1549 - (0.0678 \times L)$
20-29	$D = 1.1631 - (0.0632 \times L)$	$D = 1.1599 - (0.0717 \times L)$
30-39	$D = 1.1422 - (0.0544 \times L)$	$D = 1.1423 - (0.0632 \times L)$
40 -49	$D = 1.1620 - (0.0700 \times L)$	$D = 1.1333 - (0.0612 \times L)$
> 50	$D = 1.1715 - (0.0779 \times L)$	$D = 1.1339 - (0.0645 \times L)$

(Gdje je D= gustoća tijela; L= Log sume izmjerenih kožnih nabora)

$$\text{Postotak tjelesne masti (\%)} = (495 / D) - 450$$

U mnogim državama Europe su provedena testiranja Eurofit baterijom testova, što daje mogućnost usporedbe (s obzirom na istu metodologiju) rezultata funkcionalnih sposobnosti u različitim dijelovima i regijama kontinenta. U Hrvatskoj je provedeno pilot istraživanje pod voditeljstvom prof. Heimera i njegovih suradnika, čiji su rezultati objavljeni 2004. godine. Oni su zaključili da je nivo fitnesa u RH na niskoj razini te da je potrebno uložiti posebne napore u uključivanje što većeg broja ljudi u bilo koji vid tjelesne aktivnosti, kako bi i njihove funkcionalne sposobnosti bile veće.

Uz ove objektivne mjere u okviru Eurofit testova koriste se i upitnici za procjenu nivoa tjelesne aktivnosti. Najčešće se uz Eurofit test koristi modificirani Baeckov upitnik:

### **MODIFICIRANI BAECKE UPITNIK**

Molim vas da obilježite odgovor koji najbolje opisuje vašu aktivnost na poslu i u slobodno vrijeme.

Hvala!

#### **AKTIVNOST NA POSLU**

	NIKAD	RIJETKO	PONEKAD	ČESTO	UVIJEK
NA POSLU SJEDIM					
NA POSLU STOJIM					
NA POSLU HODAM					
NA POSLU PODIŽEM TEŠKE TERETE					
NAKON POSLA UMORAN SAM					
NA POSLU SE ZNOJIM (zbog napornog rada)					



	MNOGO LAKŠI	LAKŠI	PODJEDNAKO TEŽAK	TEŽI	MNOGO TEŽI
U USPOREDBI S DRUGIMA MOJIH GODINA MISLIM DA JE MOJ POSAO					

**AKTIVNOST U SLOBODNO VRIJEME**

BAVITE LI SE NEKIM SPORTOM?      DA                      NE

AKO JE ODGOVOR DA, KOLIKO VREMENA PROVODITE U AKTIVNOSTI?

1 SAT/TJEDAN	1-2 SATA/TJEDAN	2-3 SATA/TJEDAN	3-4 SATA/TJEDAN	>4 SATA/TJEDAN

KOLIKO STE MJESECI GODIŠNJE AKTIVNI U SPORTU?

<1 MJESECI	1-3 MJESECI	4-6 MJESECI	7-9 MJESECI	>9 MJESECI

	MNOGO MANJA	MANJA	PODJEDNAKA	VEĆA	MNOGO VEĆA
U USPOREDBI S DRUGIMA MOJIH GODINA MISLIM DA JE MOJA TJELESNA AKTIVNOST TIJEKOM SLOBODNOG VREMENA :					

	NIKAD	RIJETKO	PONEKAD	ČESTO	UVIJEK
U SLOBODNO VRIJEME BAVIM SE SPORTOM					
U SLOBODNO VRIJEME ZNOJIM SE (zbog tjelesne aktivnosti)					
U SLOBODNO VRIJEME GLEDAM TV					
U SLOBODNO VRIJEME SJEDIM ZA RAČUNALOM					
U SLOBODNO VRIJEME HODAM/ ŠETAM					
U SLOBODNO VRIJEME VOZIM BICIKL					
U SLOBODNO VRIJEME BAVIM SE URADI SAM AKTIVNOSTIMA					
U SLOBODNO VRIJEME RADIM U VRTU					

KOLIKO SATI DNEVNO SPAVATE?

<5 SATI	6 SATI	7 SATI	8 SATI	>9 SATI

Na taj se način objektivne mjere fitnesa mogu dovesti u korelaciju sa samoprocijenjenim nivoom tjelesne aktivnosti svakog ispitanika.

Osim ove, postoje i druge slične baterije testova kojima je cilj određivanje funkcionalnih sposobnosti populacije. Od poznatijih koji se koriste u USA su Fitnessgram i Health Related Fitness test, zatim u Kanadi CAHPER FPT II, u Kini NFTP-PRC, na Novom Zelandu NZFT, u Australiji AFEA te Alpha-fit test u nekim europskim državama. Sve su one kreirane za procjenu funkcionalne sposobnosti, a razlikuju se po testovima koje koriste.

Također je preporuka korištenja Eurofit testova za djecu i mlade u sklopu školske nastave tjelesne i zdravstvene kulture koja je prilagođena dječjoj dobi.

### **CILJ VJEŽBE**

Ispitati sve četiri sastavnice funkcionalne sposobnosti testovima iz baterije Eurofit te procijeniti na osnovi tablica rezultata Eurofit testiranja u RH svoje rezultate kao i nivo fitnesa.

### **IZVOĐENJE VJEŽBE**

#### **MATERIJALI:**

Vaga, stadiometar, centimetarska vrpca, kaliper, platforma za skok u vis, klupica za dohvat u sjedu, dinamometar, strunjača, ploča za taping, zaporni sat

#### **POSTUPAK:**

Prema gore opisanim uputama izvesti mjerenje svih komponenata fitnesa te rezultate usporediti s kategorijama rezultata Eurofit Croatia istraživanja (Heimer et al, 2004).

**REZULTATI****Profil ispitanika:**

ime \_\_\_\_\_

spol \_\_\_\_\_

godine \_\_\_\_\_

**MORFOLOŠKA OBILJEŽJA**

Masa (kg) \_\_\_\_\_

Visina (cm) \_\_\_\_\_

BMI (kg/m<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_

KATEGORIJA \_\_\_\_\_

WHR (Waist-To-Hip Ratio) \_\_\_\_\_

KATEGORIJA \_\_\_\_\_

Postotak masnog tkiva \_\_\_\_\_

**FUNKCIONALNA OBILJEŽJA**VO<sub>2</sub>max \_\_\_\_\_

KATEGORIJA \_\_\_\_\_

**MIŠIĆNO KOŠTANA OBILJEŽJA**

Dizanje trupa u sjed

broj pravilno izvedenih pretklona od zadanih 15 \_\_\_\_\_

KATEGORIJA \_\_\_\_\_

Skok u vis s mjesta (cm) \_\_\_\_\_

KATEGORIJA \_\_\_\_\_

Jakost stiska šake (kg) \_\_\_\_\_

KATEGORIJA \_\_\_\_\_

Dohvat u sjedu (cm) \_\_\_\_\_

KATEGORIJA \_\_\_\_\_

**MOTORIČKA OBILJEŽJA**

Test ravnoteže na jednoj nozi

broj pokušaja u 30 s \_\_\_\_\_

KATEGORIJA \_\_\_\_\_

Tapping (u 15 s) \_\_\_\_\_

KATEGORIJA \_\_\_\_\_

PITANJA

Što je Eurofit i koje su njegove sastavnice?

---

---

---

Koji se testovi u Eurofit bateriji testova koriste za određivanje motoričkih obilježja?

---

---

Koji se testovi u Eurofit testiranju koriste za određivanje kardiorespiratorne izdržljivosti?

---

## Literatura

Oja P, Tuxworth B: Eurofit for Adults: Assessment of Health Related Fitness. Finland: Council of Europe Publishing, 1995.

Adam C, Klissouras V, Ravazzolo M, Renson R, Tuxworth W, Kemper HCG, Levarlet Joye H. Eurofit - European test of Physical fitness (2nd edition) Council of Europe; Committe for the developmet of sport, Strasbourg, 1993.

Heimer S, Mišigoj-Duraković M, Ružić L, Matković B, Prskalo I, Beri S, Tonković-Lojović M. Fitness level of Adult Economically Active Population in the Republic of Croatia Estimated by EUROFIT System. Coll Antropo. 2004; 28(1): 223-233.

Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. British Journal of Nutrition 1974; 32(1): 77-97.

Britton U, Issartel J, Fahey G, Conyngham G, Belton S. What is health-related fitness? Investigating the underlying factor structure of fitness in youth. European Physical Education Review 2019; 1-15.

Vučetić V. Bip-test – terenski test za procjenu maksimalnog aerobnog kapaciteta. Kondicijski trening: stručni časopis za teoriju i metodiku kondicijske spreme. 2004; 2(1): 17-20.

## POPIS LITERATURE

Adam C, Klissouras V, Ravazzolo M, Renson R, Tuxworth W, Kemper HCG, Levarlet Joye H. Eurofit - European test of Physical fitness (2nd edition) Council of Europe; Committee for the development of sport, Strasbourg, 1993.

Astrand PO and Rhyding I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol.* 1954; 7: 218-221.

BIOPAC student lab Laboratory Manual. BIOPAC Systems, Inc., St Louis, 2000.

Britton U, Issartel J, Fahey G, Conyngham G, Belton S. What is health-related fitness? Investigating the underlying factor structure of fitness in youth. *European Physical Education Review* 2019; 1-15.

Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen uptake – correlation between field and treadmill testing. *J Am Med Assoc.* 1968; 203: 201-204.

Dragutin Mikšić. Uvod u ergonomiju. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1997.

Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition* 1974; 32(1): 77-97.

Ellis KJ. Human Body Composition: in Vivo Methods. *Physiological Reviews* 2000; 80(2):650-680.

Garcia AL, Wagner K, Hothorn T, Koebnick C, Zunft HJF, Trippo U. Improved prediction of body fat by measuring skinfold thickness, circumference and bone breadths. *Obes Res* 2005; 13:626-634.

Gilroy AM, MacPherson BR, Ross LM. Anatomski atlas s latinskim nazivljem. Medicinska naklada Zagreb, 2011.

Grilec Kaurić A, Ujević D. Antropometrija kao komplementarna mjera životnog standarda. *Poslovna izvrsnost Zagreb* 2013; 7(2): 145-154.

Guyton, Hall. Medicinska fiziologija. 12.izdanje. Medicinska naklada. Zagreb, 2012.

Heimer S, Matković B, Medved R, Medved V, Žuškin V, Oreb E. Praktikum kineziološke fiziologije. Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, 1997.

Heimer S, Mišigoj-Duraković M, Ružić L, Matković B, Prskalo I, Beri S, Tonković-Lojović M. Fitness level of Adult Economically Active Population in the Republic of Croatia Estimated by EUROFIT System. *Coll Antropo.* 2004; 28(1): 223-233.

Jeukendrup A, Gleeson M. Sport Nutrition 2nd edition - An Introduction to Energy Production and Performance. Human Kinetics, Champaign, USA, 2010.

- Khalil SF, Mohktar MS, Ibrahim F. The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of diseases. *Sensors (Basel, Switzerland)* 2014;14(6):10895–10928.
- Krmpotić-Nemanić J, Marušić A. *Anatomija čovjeka*. Medicinska naklada Zagreb, 2007.
- Maver H, Rudan P, Tarbuk D. *Praktikum biološke antropologije: antropometrija*. Impresum, Zagreb, 1975.
- Mills KR. The basics of electromyography. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 2005;76:ii32-ii35
- Oja P, Tuxworth B: *Eurofit for Adults: Assessment of Health Related Fitness*. Finland: Council of Europe Publishing, 1995.
- Tanaka H, Monahan KD and Seals DR. Age predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 153-156.
- Tomchuk D. *Aerobic capacity and Cardiorespiratory Fitness Testing in Tomchuk D: Companion Guide to Measurement and Evaluation for Kinesiology*. Sudbury MA. Jones and Bartlett Learning. 2011.
- Uth N, Sorensen H, Overgaard K, Pedersen PK. Estimation of VO<sub>2</sub>max from the ratio between HR max and HR rest - the Heart Rate Ratio Method. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 91(1): 111-115.
- Vučetić V. Bip-test – terenski test za procjenu maksimalnog aerobnog kapaciteta. *Kondicijski trening: stručni časopis za teoriju i metodiku kondicijske spreme*. 2004; 2(1): 17-20.
- Wan JJ, Qin Z, Wang PY, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. *Exp Mol Med*. 2017;49(10):e384.
- WHO. *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. WHO, Geneva, 2000.

## POPIS SLIKA I TABLICA

### VJEŽBA 1: ANTROPOMETRIJA I MJERENJA METODOM BIOIMPEDANCE

Tablica 1. Kategorije uhranjenosti prema vrijednosti indeksa tjelesne mase	6
Tablica 2. Klasifikacija tjelesne građe prema udjelu masnog tkiva	7
Tablica 3. Udjeli masnog tkiva kod sportaša	8
Tablica 4. Popis mjera koje tijekom vježbe treba izmjeriti	11
Tablica 5. Rezultati mjerenja	12
Tablica 6. Izračunate vrijednosti	13
Tablica 7. Rezultati BIA mjerenja	13

### VJEŽBA 2: ELEKTROMIOGRAFIJA

Slika 1. Postavljanje elektroda	18
Slika 2. Ispravan položaj za snimanje podataka	18
Slika 3. Izgled zaslona pri kalibraciji	19
Slika 4. Izgled zaslona pri snimanju EMG uz stupnjevanu jakost stiska	20
Slika 5. Izgled zaslona prilikom snimanja EMG zamora	20
Tablica 1. Inkrementi povećanja snage stiska prema najjačem stisku u kalibraciji	19
Tablica 2. Rezultati snimanja EMG pri različitim jačinama stiska	21
Tablica 3. Rezultati snimanja EMG zamora	21

### VJEŽBA 3: CELERIMETRIJA - MJERENJE BRZINE SENZORIČKO MOTORIČKE REAKCIJE

Slika 1. Izgled zaslona kod kalibracije	26
Slika 2. Izgled zaslona prilikom snimanja podataka	27
Tablica 1. Rezultati mjerenja	28

### VJEŽBA 4: INDIREKTNA PROCJENA MAKSIMALNOG UTROŠKA KISIKA ( $VO_2max$ )

Tablica 1. Apsolutni aeralni kapaciteti osoba različitih nivoa utreniranosti	32
Tablica 2. Nomogram za procjenu $VO_2max$ na osnovi stabilne srčane frekvencije u naporu	34
Tablica 3. Korekcijski faktori za dob	35
Tablica 4. Procjena nivoa kondicije	35
Tablica 5. Rezultati Astrandovog testa	36
Tablica 6. Nivoi utreniranosti prema vrijednosti fitness indeksa dobivenog Harvard step testom	37
Tablica 7. Rezultati mjerenja pulsa u Harvard step testu	37
Tablica 8. Nivoi utreniranosti prema rezultatu Cooper testa za muškarce	38
Tablica 9. Nivoi utreniranosti prema rezultatu Cooper testa za žene	39
Tablica 10. vrijednosti $VO_2max$ u pojedinim kategorijama kondicije	40



VJEŽBA 5: EUROFIT

Tablica 1. Formule za izračunavanje % masnog tkiva na osnovi mjerenja kožnih nabora po

Durnin-Womersley formuli

49