

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Športna vzgoja

**ANALIZA IN PRIMERJAVA
RAZLIČNIH MERILNIKOV PORABE ENERGIJE**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:
doc. dr. Gregor Starc, prof. šp. vzg.
RECEZENT:
prof. dr. Gregor Jurak, prof. šp. vzg.

Avtor dela:
ŽAN LUCA POTOČNIK

Ljubljana, 2016

Da je nastalo to diplomsko delo, se je moralo združiti veliko pozitivnih povezav. Brez močne volje in veliko truda ne bi nastalo. Zagotovo pa ne bi nastalo, če moja volja in trud ne bi bila podprta z dobro voljo ter potrpežljivostjo mojih bližnjih. Zahvaljujem se svojim staršem za vso izkazano podporo, ki mi omogoča, da postajam to, kar si želim. Zahvaljujem se svojemu dekletu, ki mi je stalo ob strani v nervoznih dneh in se z mano prebijalo do zaključka tega dela. Nazadnje bi se zahvalil svojemu mentorju doc. dr. Gregorju Starcu, prof. šp. vzg., ki je sprejel idejo o raziskavi, mi nudil tehnično pomoč in z nasveti prispeval svoj del k nastanku diplomskega dela.

Vsem, iskreno hvala!

Ključne besede: poraba energije, BodyMedia, SenseWear, Polar, Fitbit, kompendij telesnih dejavnosti, merilnik, analiza, primerjava

ANALIZA IN PRIMERJAVA RAZLIČNIH MERILNIKOV PORABE ENERGIJE

Žan Luca Potočnik

IZVLEČEK

Namen in cilji: naš namen je bil analizirati ter med seboj primerjati različne merilnike porabe energije v mirovanju in pri različnih športnih dejavnostih (hoja (5 km/h), hoja (7 km/h), tek (10 km/h), rolanje (15 km/h), kolesarjenje (20 km/h)). Opravili smo tudi primerjavo izmerjenih vrednosti z izračunanimi, ki smo jih dobili na podlagi kompendija telesnih dejavnosti. Želeli smo še ugotoviti, kateri merilnik je z vidika udobnosti uporabe, uporabniku najbolj prijazen. **Hipoteze:** v treh hipotezah smo predvideli: 1. da so pri vseh merjenih dejavnostih ocene merilnika SenseWear Pro₃ najbolj skladne z izračunanimi vrednostmi; 2. da med ocenami porabe energij različnih merilnikov ni statistično značilnih razlik pri nobeni dejavnosti; 3. da je merilnik Fitbit Charge HR z vidika udobnosti uporabniku najbolj prijazen. **Metode:** meritve so bile izvedene z enim preizkušancem, kot samoeksperiment. Vsako dejavnost smo merili 10 min. Meritve smo ponovili trikrat. Pri vsaki meritvi, so bili uporabljeni vsi merilniki hkrati. Za izračun porabe energije smo uporabili enačbo po Byrne idr. (2005), ki je vključevala enačbo Harris-Benedict za oceno porabe energije v mirovanju in vrednosti MET iz kompendija telesnih dejavnosti. **Analiza:** uporabili smo Bland-Altmanovo metodo za izdelavo grafa, na podlagi katerega smo na pogled ocenili odstopanje posameznih izmerjenih vrednosti od povprečja vseh izmerjenih vrednosti ter od izračunane vrednosti za posamezno dejavnost. Izračunali smo še standardne odklone razlik med vrednostmi posameznega merilnika in povprečjem vrednosti vseh merilnikov za posamezno dejavnost. Da bi še statistično preverili razlike, smo izvedli analizo variance in post-hoc testa Tukey ter Games-Howell. Za analizo udobnosti uporabe merilnikov smo izpolnili vprašalnik, ustvarjen na podlagi Likertove 5-stopenjske lestvice in 11 trditev. **Ugotovitve:** najmanjša razlika med izmerjenimi in izračunanimi vrednostmi se je pojavila pri merilnikih BodyMedia Core in SenseWear Pro₃, največja razlika pa pri merilnikih Fitbit Charge HR in Fitbit One. *Hipoteza 1* je bila ovržena. Na podlagi statistične obdelave podatkov je bila ovržena tudi *hipoteza 2*, saj so bile statistično značilne razlike med merilniki prisotne pri več dejavnostih. Z vidika udobja uporabe se je, kot uporabniku najbolj prijazen, izkazal merilnik Fitbit Charge HR. *Hipoteza 3* je bila sprejeta.

Key words: energy expenditure, BodyMedia, SenseWear, Polar, Fitbit, Compendium of Physical Activities, monitor, analysis, comparison

ANALYSIS AND COMPARISON OF DIFFERENT ENERGY CONSUMPTION MONITORS

Žan Luca Potočnik

ABSTRACT

Purpose and objectives: our purpose was to analyse and compare different models of energy expenditure monitors at rest and in different sporting activities (walk (5 km/h), walk (7 km/h), run (10 km/h), in-line skating (15 km/h), bicycling (20 km/h)). We also made a comparison of measured values and computed values, which were derived from Compendium of Physical Activities. We wanted to find out which monitor is most convenient. **Hypotheses:** we provided three theses: 1. measured values of SenseWear Pro3 monitor are the most comparable with computed values in all activities; 2. there are no statistically significant differences between measured values in any of activities; 3. monitor Fitbit Charge HR is the most convenient. **Methods:** measurements were taken with one subject as self-observation protocol. Each activity was recorded for 10 min. Subject wore all of five monitors at the same time during activity. The protocol was repeated three times. We used equation acquired from Byrne et al. (2005), in which equation for resting metabolic rate Harris-Benedict and MET values from Compendium were included, to compute energy expenditure. **Analysis:** We made an estimation of deviation of measured values from average of all measured values and from computed values based on graphs derived from Bland-Altman method. We also computed standard deviation values for differences between measured values of each monitor and average of all measured values for each activity. We performed variance analysis and Tukey and Games-Howell post-hoc tests to statistically verify differences between measured values. To analyse convenience of monitors we designed a questionnaire based on 5 point Likert scale and 11 statements. **Findings:** the smallest differences between measured and computed values were observed for BodyMedia Core and SenseWear Pro3 monitors, whereas the biggest differences were observed for Fitbit Charge HR and Fitbit One monitors. *Hypothesis 1* was rejected. Since differences between computed values were statistically significant of more activities, *hypothesis 2* was also rejected. We found out that Fitbit Charge HR monitor was the most convenient and confirmed *hypothesis 3*.

KAZALO

1 UVOD	1
1.1 TEORETIČNE OSNOVE MERJENJA PORABE ENERGIJE PRI LJUDEH	1
1.1.1 Kaj so to kalorije in čemu jih uporabljamo?	1
1.1.2 Toplota, presnova in energija	1
1.1.3 Začetki merjenja porabe energije	2
1.1.4 Sodobni načini in naprave za merjenje porabe energije pri ljudeh	2
1.1.5 Kaj je metabolic equivalent of task (MET) ?	4
1.1.6 Kaj je Compendium of Physical Activities (CPA) ?	5
1.2 PREGLED DILEM, PROBLEMOV IN PREDLAGANIH REŠITEV PRI OCENJEVANJU PORABE ENERGIJE	6
1.2.1 Dileme pri računanju individualne porabe energije z uporabo MET vrednosti	6
1.2.2 Dileme pri uporabi kompandija telesnih dejavnosti (Compendium of physical activities)	8
1.2.3 Uporaba različnih enačb kot možna rešitev dilem računanja porabe energije pri posamezniku	9
1.2.4 Prednosti in slabosti posameznih objektivnih metod za ocenjevanje porabe energije	11
1.3 PREGLED RAZISKAV O MERILNIH FITBIT CHARGE HR, FITBIT ONE, POLAR M400, BODYMEDIA CORE IN SENSEWEAR PRO ₃	13
1.3.1 Fitbit	13
1.3.2 Polar	14
1.3.3 Bodymedia	14
1.4 CILJI IN HIPOTEZE	16
1.4.1 Cilji	16
1.4.2 Hipoteze	17
2 METODE DELA	18
2.1 PREIZKUŠANCI	18
2.2 PRIPOMOČKI	18
2.2.1 Merilniki porabe energije	18
2.2.2 Informacijska tehnologija	20
2.2.3 Športna oprema	20
2.3 POSTOPEK	20
2.4 ANALIZA PODATKOV	21
2.5 V VEDNOST	22
3 REZULTATI IN RAZPRAVA	23
3.1 PRIMERJAVA IZMERJENIH VREDNOSTI PORABE ENERGIJE MED MERILNIKI	23
3.2 PRIMERJAVA IZMERJENIH IN IZRAČUNANIH VREDNOSTI PORABE ENERGIJE	29
3.3 UDOBNOST UPORABE MERILNIKOV	31
4 SKLEP	32
5 VIRI	34
6 PRILOGE	37
PRILOGA 1: IZRAČUN PORABE ENERGIJE NA PODLAGI ENAČB	38
PRILOGA 2: VPRAŠALNIK O UDOBNOSTI UPORABE MERILNIKOV	39

KAZALO SLIK

<i>Slika 1.</i> Merilniki uporabljeni v raziskavi.....	19
<i>Slika 2.</i> Izmerjene vrednosti porabe energije pri dejavnosti mirovanje.....	23
<i>Slika 3.</i> Izmerjene vrednosti porabe energije pri dejavnosti hoja (5 km/h).	24
<i>Slika 4.</i> Izmerjene vrednosti porabe energije pri dejavnosti hoja (7 km/h).	24
<i>Slika 5.</i> Izmerjene vrednosti porabe energije pri dejavnosti tek (10 km/h).	24
<i>Slika 6.</i> Izmerjene vrednosti porabe energije pri dejavnosti rolanje (15 km/h).	25
<i>Slika 7.</i> Izmerjene vrednosti porabe energije pri dejavnosti kolesarjenje (20 km/h).....	25
<i>Slika 8.</i> Standardni odklon razlik meritev posameznega merilnika od povprečja vseh merilnikov (kcal/10 min).	28
<i>Slika 9.</i> Standardni odklon razlik meritev posameznega merilnika od povprečja vseh merilnikov (kcal/10 min).	28

1 UVOD

Namen raziskave v okviru diplomskega dela je analizirati in primerjati različne merilnike porabe energije. Analizirali bomo delovanje merilnikov, udobnost njihove uporabe in izmerjene vrednosti. Vrednosti bomo primerjali med seboj in z kompendijem telesnih dejavnosti.

V uvodu tega diplomskega dela so najprej razložene teoretične osnove s področja merjenja porabe energije pri ljudeh. Temu sledi pregled raziskovalne problematike, ki je bila obravnavana v različnih znanstvenih člankih. Nazadnje so navedeni cilji ter hipoteze naše raziskave.

1.1 TEORETIČNE OSNOVE MERJENJA PORABE ENERGIJE PRI LJUDEH

Teorija, ki sledi v tem poglavju, je povzeta po 7. izdaji knjige o fiziologiji športa iz leta 2010 z naslovom *Exercise physiology: nutrition, energy and human performance* avtorjev W. D. McArdle, F. I. Katch in V. L. Katch. Informacije, ki niso navedene iz knjige, so citirane posebej.

1.1.1 KAJ SO TO KALORIJE IN ČEMU JIH UPORABLJAMO?

Kalorije so najpogosteje izražene v merski enoti kilokalorija [kcal]. Predstavlja energijo v obliki toplote. Ena kalorija je potrebna, da se poviša temperatura enega kilograma (1 litra) vode za 1 °C. Toplotna energija seveda ni edina oblika energije, ki lahko vpliva na spremembo temperature saj to spremembo lahko povzročita tudi električna in mehanska energija. Te oblike energije se opredeljuje s skupno enoto joule [J].

En joul je definiran kot opravljeno delo ali **porabljena energija**, kadar sila 1 N deluje na razdalji 1 m v smeri delovanja sile. Velja enakost $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$. V nutricionistiki je za izražanje energijske vrednosti hrane v uporabi mera kilojoule [kJ]. Prav tako je v uporabi mera kilokalorija [kcal], ki predstavlja 1 000 Cal. Za pretvorbo kcal v kJ uporabljamo enačbo $1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$.

POVPREČNE KALORIČNE VREDNOSTI MAKRO HRANIL:

- 1) MAŠČOBE: 1 g maščob predstavlja 9,4 kcal
- 2) OGLJIKOVI HIDRATI: 1 g OH predstavlja 4,2 kcal
- 3) BELJAKOVINE: 1 g beljakovin predstavlja 5,65 kcal

1.1.2 TOPLOTA, PRESNOVA IN ENERGIJA

Toplota je stranski produkt vseh presnovnih procesov v telesu. Zato nam lahko količina toplote, ki je proizvedena v procesih presnove in se v določenem času preko telesa sprosti v

okolico, da informacijo o dejavnosti presnovnih procesov. Če poznamo dejavnost presnove, lahko izračunamo in ocenimo količino energije, ki se porabi v njenih procesih. Za interpretacijo količine toplotne energije, ki se sprošča iz telesa, uporabljamo merilno enoto kalorija (cal). Nauk o merjenju količine sproščene toplotne energije imenujemo kalorimetrija. Poznamo neposredno in posredno kalorimetrijo.

1.1.3 ZAČETKI MERJENJA PORABE ENERGIJE

Prve eksperimente v povezavi s porabo energije pri človeku so že v 18. st. izvajali francoski kemik Antoine Lavoisier in njegovi sodobniki (Ramirez, Malmström, Winkler in Gray, 1995). Prvi za znanost pomemben človeški kalorimeter je konec 19. st. uporabil ameriški profesor W.O. Atwater (Atwater in Benedict, 1983). Kalorimeter je predstavljal zaprt prostor s kontroliranimi pogoji, v katerem je človek preživel določen čas, od nekaj ur pa do več dni. Prostor je bil temperaturno izoliran. Na vrhu prostora so bile napeljene cevi z vodo, katere temperatura je bila natančno določena. Toplota, ki se je preko telesa sproščala v okolje, je segrevala vodo v ceveh. Eksperimentatorji so merili in beležili spremembe v temperaturi vode in na podlagi sprememb računali količino v presnovnih procesih sproščene toplotne energije. Takšen način merjenja sproščene energije se imenuje **neposredna kalorimetrija**.

1.1.4 SODOBNI NAČINI IN NAPRAVE ZA MERJENJE PORABE ENERGIJE PRI LJUDEH

O porabi energije lahko sklepamo na podlagi subjektivnih in objektivnih metod. Med subjektivne metode spadajo samostojno poročanje, ki uporablja vprašalnike in dnevnike o telesnih dejavnostih. Med objektivne metode spadajo merilne metode. Te merijo količino sproščene toplote, količino porabljenega kisika, količino nastalega CO₂, pospeške telesa in njegovih delov, frekvenco srca in št. korakov (Warren, 2009). Neposredno opazovanje je metoda, pri kateri raziskovalec opazuje in beleži gibanje preizkušanca. Ta metoda se sicer uvršča med objektivne, saj preizkušanec naj ne bi subjektivno vplival nanjo, vendar je še zmeraj pod človeškim vplivom raziskovalca, zato jo lahko hkrati označimo tudi kot subjektivno.

Objektivne metode:

1) NEPOSREDNA KALORIMETRIJA

Sproščena toplotna energija ob opravljenem mehanskem delu je količina, ki neposredno daje informacijo o količini porabljene energije. Zato merjenje sproščene toplote imenujemo neposredna kalorimetrija. Poznanih je več metod:

- kalorimetrija, ki deluje na podlagi pretoka zraka
- kalorimetrija, ki deluje na podlagi pretoka vode
- kalorimetrija, ki deluje na podlagi večslojnih izolatornih materialov
- prostorska kalorimetrija

Vsem metodam je skupno računanje telesne toplote, sproščene v okolico preko različnih sredstev, najpogosteje zraka ali vode.

1) POSREDNA KALORIMETRIJA

Pri preučevanju energijskih vrednosti hrane z neposredno kalorimetrijo, se v primeru sežiga mešane sestave hrane z 1 L kisika sprosti cca. 4,82 kcal toplotne energije. Ta podatek nam omogoča, da o porabi energije pri človeku sklepamo na podlagi izmerjene porabe O_2 . Pri računanju porabe energije na podlagi porabe O_2 , se za 1L porabljenega kisika uporablja zaokrožena vrednost 5 kcal.

Obstajata dve metodi merjenja porabe kisika. To sta spirometriji odprtega in zaprtega tipa. Danes se uporablja predvsem spirometrija odprtega tipa. Znotraj te metode poznamo prenosne spirometre, spirometrijo z vrečno tehniko in računalniško vodeno spirometrijo. Slednja je danes najpogostejše uporabljena metoda v laboratorijih, saj omogoča napredno in najhitrejšo sprotno obdelavo izmerjenih podatkov.

2) DVOJNO OZNAČENA VODA

Je metoda namenjena ocenjevanju dnevne porabe energije. Preizkušanec zaužije določeno količino vode z označenimi izotopi vodika 2H in kisika ^{18}O . Izotopa se enakomerno razporedita po telesu. Označeni vodikovi izotopi se izločajo v molekulah vode 2H_2O , označeni kisikovi izotopi pa tako v molekulah vode $H_2^{18}O$, kot v molekulah ogljikovega dioksida $C^{18}O_2$, ki nastanejo med oksidacijo makro hranil. Na podlagi količine izločenih izotopov se oceni skupna količina nastalega CO_2 . Ko je znana količina nastalega CO_2 , se lahko oceni porabo O_2 . Na podlagi porabe kisika pa se računa ocena porabe energije.

3) MERILNIKI SRČNEGA UTRIPA

Merilniki srčnega utripa so naprave, ki se uporabljajo za merjenje pogostosti, intenzivnosti in trajanja telesne dejavnosti ter za merjenje porabe energije pri telesni dejavnosti (Bates, 2006). Običajno so v obliki pasov, ki se namestijo okoli prsnega koša in preko elektrod zaznavajo električno dejavnost srca ter s tem njegov utrip. Nekateri merilniki pa delujejo s pomočjo fotopletizmografije in so vgrajeni v različne tehnološke naprave (Wallen idr., 2016). Takšni merilniki se pojavljajo v obliki športnih zapestnic in športnih zapestnih ur.

Frekvenca srčnega utripa je v številnih primerih športnih dejavnosti v linearni povezavi s porabo kisika (Cessay, 1989). Na podlagi frekvence srčnega utripa lahko algoritmi pri določenih dejavnostih ocenijo porabo kisika, na podlagi ocene porabe kisika pa se računa energijska poraba.

4) POSPEŠKOMETRI

Pospeškometri zaznavajo pospeške oziroma amplitudo in frekvenco premikanja. Merijo lahko v eni, dveh ali treh ravninah. Zbrani podatki oblikujejo vzorec gibanja, na podlagi katerega se sklepa o porabi energije (Warren idr., 2010).

Pospeškometer je v notranjosti merilne naprave, ki je lahko nameščena na boku, stegnu, nadlahti, gležnju ali zapestju (Warren idr., 2010). Pospeškometri so danes vgrajeni tudi v potrošniško tehnologijo, kot so mobilni telefoni, zapestne ure in zapestnice (Ferguson, Rowlands, Olds, Maher, 2015). Uporabniki te tehnologije lahko s pomočjo programske opreme, ki uporablja določene algoritme interpretirajo meritve, kot porabljen energijo v kilokalorijah.

1.1.5 KAJ JE METABOLIC EQUIVALENT OF TASK (MET) ?

MET vrednosti se uporabljajo pri določanju intenzivnosti posameznih dejavnosti. S pomočjo opredeljene intenzivnosti in določenih podatkov o posamezniku, ki dejavnost opravlja, pa se lahko izračuna tudi porabljen energija za opravljeno dejavnost.

V slovenskem prevodu bi z uporabo tujk lahko tej oznaki rekli metabolni ekvivalent opravila, če bi jo želeli popolnoma posloveniti pa bi ji rekli presnovni ustreznik opravila. Po imenu je mogoče sklepati, da je to oznaka za energijo, ki je potrebna za določeno opravilo. Enkratna vrednost MET predstavlja energijsko porabo povprečnega moškega (70 kg) v mirovanju, ki naj bi bila $3,5 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Po definiciji je MET večkratnik porabe energije v mirovanju. Torej bi na primer povprečen moški pri opravi intenzivnosti 3 MET v 1h porabil:

$$3 \times 3,5 \text{ mL} \times 70 \text{ kg} \times 60 \text{ min} = 44\,100 \text{ mL O}_2$$

Ker velja da 1 L porabljenega O_2 predstavlja energijsko porabo 5 kcal, lahko izračunamo:

$$44,1 \text{ L O}_2 \times 5 \text{ kcal} = \underline{220,5 \text{ kcal}}$$

Vrednost porabe energije v mirovanju ($3,5 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) je osnovana na podlagi povprečnega odraslega moškega. Dejstvo pa je, da metabolizem v različnih starostnih obdobjih ni enak (Harrell idr., 2005). S pomočjo Haskell in Pollocka so v ameriškem Centru za preprečevanje kroničnih bolezni in promocijo zdravja (*Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*, 1996) na podlagi metaboličnega ekvivalenta opravil (MET) in ob upoštevanju starostnih razlik, oblikovali lestvico intenzivnosti za aerobne dejavnosti, trajajoče do 60 min, namenjene splošni populaciji.

Tabela 1

Opisne in številčne stopnje intenzivnosti glede na starstna obdobja
(*Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*, 1996)

OPISNA STOPNJA INTENZIVNOSTI	ABSOLUTNA INTENZIVNOST [MET]			
	mladi (20-39 let)	srednjih let (40-64)	stari (65-79)	zelo stari (80 <)
zelo nizka	<2,4	<2,0	<1,6	<1,0
nizka	2,4 – 4,7	2,0 – 3,9	1,6 – 3,1	1,1 – 1,9
zmerna	4,8 – 7,1	4,0 – 5,9	3,2 – 4,7	2,0 – 2,9
visoka	7,2 – 10,1	6,0 – 8,4	4,8 – 6,7	3,0 – 4,25
zelo visoka	>10,2	>8,5	>6,8	>4,25
maksimalna	12,0	10,0	8,0	5,0

V Tabeli 1 so prikazni opisni nivoji intenzivnosti za človeško dejavnost in njim pripadajoči intervali MET vrednosti. MET vrednosti so opredeljene glede na starostno obdobje.

1.1.6 KAJ JE COMPENDIUM OF PHYSICAL ACTIVITIES (CPA) ?

V Slovaru slovenskega knjižnega jezika (2014) lahko najdemo besedo kompendij, ki je knjižni izraz za: “*priročnik z na kratko, pregledno prikazano snovjo določene stroke*”. Compendium of Physical Activities je v resnici strokovni članek, prvič objavljen leta 1993 v reviji *Medicine and science in sports and exercise*, ki vsebuje podatke o stopnjah intenzivnosti za različne telesne dejavnosti.

Ainsworth idr. (1993) so že pred nekaj več kot 20 leti ugotovili, da so se raziskave o telesni dejavnosti pričele izvajati vse pogostje. Opazili so, da je raziskovalcem veliko težavo predstavljalo določanje vrste in intenzivnosti telesne dejavnosti. Posamezniki so ustvarjali različne sisteme kodiranja, zato so se Ainsworth idr. odločili ustvariti enoten sistem, ki so ga poimenovali *Compendium of Physical Activities*. Njegov namen je bil olajšati delo raziskovalcev in ga s tem narediti tudi bolj kakovostnega. Raziskave so se s poenotenim sistemom lahko začele primerjati med seboj.

Telesne dejavnosti so v kompendiju opredeljene z njihovo vrsto, podzvrstjo in intenzivnostjo. Intenzivnost in energijske porabe so bile pridobljene, kot pravijo Ainsworth idr. (1993) iz najboljših objavljenih in neobjavljenih podatkov. Posamezna telesna dejavnost je kodirana s 5-številčno kodo in 3 številčno oznako intenzivnosti v MET-ih. Prvi dve števili kode sta namenjeni za glavno zvrst telesne dejavnosti, naslednje tri za njeno podzvrst (Ainsworth idr.).

01	009	08,5
kolesarjenje	bmx	MET-i

Izračun porabe energije za posamezno dejavnost iz kompendija lahko dobimo tako, da se vrednost, navedena za intenzivnost, pomnoži s porabo energije v mirovanju, ki je ocenjena:

1. kot poraba kisika na kilogram telesne mase v 1 min: $3,5 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Ainsworth idr, 2011) ali
2. kot poraba kalorij na kilogram telesne mase v 1h: $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Ainsworth idr., 1993; Ainsworth idr., 2011)

Primer: Moški težak 70 kg, 30 min kolesari z bmx kolesom pri intenzivnosti 8,5 MET.

1. izračun: $8,5 \text{ MET} \times 3,5 \text{ mL O}_2 \times 70 \text{ kg} \times 30 \text{ min} = 62,475 \text{ L O}_2$;
Ker velja da 1 L porabljenega O_2 predstavlja energijsko porabo 5 kcal, lahko izračunamo: $62,475 \text{ L O}_2 \times 5 \text{ kcal} = \underline{\underline{312 \text{ kcal}}}$
2. izračun: $8,5 \text{ MET} \times 1 \text{ kcal} \times 70 \text{ kg} \times 0,5 \text{ h} = \underline{\underline{297 \text{ kcal}}}$

1.2 PREGLED DILEM, PROBLEMOV IN PREDLAGANIH REŠITEV PRI OCENJEVANJU PORABE ENERGIJE

1.2.1 DILEME PRI RAČUNANJU INDIVIDUALNE PORABE ENERGIJE Z UPORABO MET VREDNOSTI

Definicija metaboličnega ekvivalenta opravila (MET) je v strokovni literaturi navedena kot večkratnik porabe energije v mirovanju. Howley (2000) razlaga, da je za enkratno vrednost MET splošno sprejeta vrednost porabe kisika v mirovanju na kilogram telesne mase v minuti, ki predstavlja 3,5 mL, oziroma poraba kalorij v mirovanju na kilogram telesne mase v 1 uri, ki predstavlja 1 kcal. Težava nastane, kadar želimo določiti individualno porabo energije za posamezno opravilo, saj moramo takrat poznati tudi individualno porabo energije v mirovanju. Različni avtorji navajajo dokaze, da na porabo energije v mirovanju vpliva več dejavnikov, kot so spol, starost, indeks telesne mase, delež maščobne mase (Byrne idr. 2005; Kozey idr. 2010), pusta telesna masa (Cunningham, 1980; Thompson in Manore, 1996), VO_{2max} , razmerje med kaloričnim vnosom in porabo ter prosti tiroksin (Thompson in Manore, 1996). Zato zanj ne smemo uporabiti standardnih vrednosti $3,5 \text{ mL } O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ oziroma $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

Nekateri avtorji so raziskave izvedli z namenom, da prikažejo, kako zmotna je uporaba standardne vrednosti porabe energije v mirovanju za računanje individualne porabe energije. Byrne idr. (2005) so opravili raziskavo s 671 preizkušanci. Za vsakega posameznika so s posredno kalorimetrijo izmerili porabo kisika v mirovanju in na podlagi tega še izračunali porabo kalorij v mirovanju. Nato so izračunali povprečne vrednosti meritev in te primerjali s standardnimi vrednostmi. Povprečna poraba kisika v mirovanju je bila $2,56 \pm 0,40 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ in izračunana povprečna poraba kalorij v mirovanju $0,83 \pm 0,13 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Hkrati so raziskovali kateri dejavnik pojasnjuje največji delež variance porabe O_2 v mirovanju in ugotovili, da je to delež maščobne mase, saj je v tej raziskavi pojasnjeval 59 % variance med izmerjeno in standardno vrednostjo porabe kisika v mirovanju. Sledili so pusta masa z 1,9, starost z 0,8 in spol z 0,5 %.

Podobno so ugotavljali Kozey idr. (2010), ki so izvedli raziskavo z 252 preizkušanci. Uporaba standardne vrednosti MET privede do napak v določanju intenzivnosti in s tem do napak v ocenjevanju porabe energije za posameznike. V tej raziskavi je prišlo do največjega odstopanja pri posameznikih z nizkim telesnim fitnessom, nato pri prekomerno prehranjenih in starejših.

Melzer idr. (2016) so opravili raziskavo na skupno 203 preizkušanci, ki so bili razporejeni v različne podskupine, deljene po spolu: moški mladostniki ($n = 50$), aktivni moški ($n = 30$), ženske mladostnice ($n = 50$), ženske nosečnice ($n = 46$) in ženske po porodu ($n = 27$). Izmerili so porabo energije v mirovanju s posredno kalorimetrijo in jo primerjali s standardno vrednostjo porabe $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Razlika med povprečno porabo energije v mirovanju mladostnikov ($1,28 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) in mladostnic ($1,11 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) ter standardno vrednostjo je bila statistično značilna. Enako je veljalo za razliko med standardno vrednostjo in izmerjeno vrednostjo za skupino aktivnih moških ($0,91 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Nasprotno, razliki med standardno vrednostjo in izmerjenima vrednostma za noseče ženske

($1,01 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) in ženske po porodu ($1,00 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) nista statistično značilni. Melzer idr. na podlagi rezultatov podajajo mnenje, da je uporaba standardne vrednosti MET pri računanju individualne porabe energije lahko zmotna, še posebej za mladostnike in aktivne odrasle osebe.

Avtorji raziskav se za uporabo standardne vrednosti porabe energije v mirovanju verjetno odločajo zaradi slabosti, ki jih ima metoda merjenja s posredno kalorimetrijo in nasprotno zaradi prednosti, ki jih prinese uporaba standardne vrednosti.

Prednosti in slabosti uporabe **standardne vrednosti** porabe energije v mirovanju:

PREDNOSTI:

- brezplačna
- preprosta za uporabo
- omogoča primerljivost med raziskavami
- primerna za velike vzorce

SLABOSTI:

- ni primerna za individualne izračune porabe energije
- lahko prihaja do veliki odstopanj od resničnega stanja
- posebej neprimerna za specifične populacije (osebe z nizkim telesnim fitnesom, prekomerno prehranjene osebe, starostniki, mladostniki idr.)

Prednosti in slabosti uporabe **posredne kalorimetrije** za merjenje porabe energije v mirovanju:

PREDNOSTI:

- natančna
- primerna za vse populacije
- primerna za individualne izračune porabe energije

SLABOSTI:

- ni preprosta za uporabo (zahteva pripomočke, nadzornike meritev...)
- predstavlja velik strošek
- manj primerna za velika vzorce

Avtorji (Byrne idr., 2005; Kozey idr., 2010), so v svojih raziskavah kot alternativno metodo analizirali tudi ocenjevanje porabe energije v mirovanju s pomočjo različnih enačb. Izračunane ocene porabe energije so primerjali z izmerjenimi vrednostmi. Byrne idr. so ugotovili, da so ocenjene vrednosti v povprečju odstopale od izmerjenih ($1\,595 \pm 294 \text{ kcal}$) le za 19 kcal/dan ($1,2 \%$) v primeru Fleishove enačbe, 5 kcal/dan ($<1 \%$) v primeru Harris-Benedictove enačbe in 3 kcal/dan ($<1 \%$) v primeru FAO/WHO/UNU enačb. Kozey idr. so zapisali, da v njihovi raziskavi razlika med ocenjenimi intenzivnostmi v MET-ih in izmerjenimi vrednostmi ni bila statistično značilna. Uporabili so korekcijski faktor osnovan na podlagi Harris-Benedictove enačbe. Tudi Melzer idr. (2016) so predlagali uporabo enačb za ocenitev porabe energije v mirovanju, vendar pa se sami ocenjevanja niso lotevali.

1.2.2 DILEME PRI UPORABI KOMPENDIJA TELESNIH DEJAVNOSTI (COMPENDIUM OF PHYSICAL ACTIVITIES)

Ainsworth idr. (1993) so ustvarili kompendij telesnih dejavnosti z namenom, da raziskovalcem olajšajo delo pri raziskovanju porabe energije pri ljudeh. Njihov namen je bil tudi poenotiti sistem za opredeljevanje intenzivnosti posameznih dejavnosti in s tem omogočiti primerljivost raziskav, so pa že v prvi izdaji leta 1993 opozorili na omejitve pri uporabi kompendija:

1. Navedene vrednosti MET so zgolj povprečja in dejstvo, da posamezniki opravljajo dejavnosti z različnim naporom, ni upoštevano.
2. Nekatere vrednosti MET niso bile pridobljene na podlagi posredne kalorimetrije, temveč so zgolj ocene na podlagi vrednosti drugih dejavnosti s podobnim gibalnim vzorcem.
3. Individualne razlike v porabi energije so lahko velike, zato resnična poraba energije lahko zelo odstopa od povprečne vrednosti MET.

Avtorji kljub omejitvam zatrjujejo, da je kompendij uporaben za kodiranje telesnih dejavnosti v vprašalnikih in evidencah, ki se uporabljajo za raziskovanje telesne dejavnosti pri ljudeh, za izobraževanje in za klinično področje.

V drugi izdaji kompendija so Ainsworth idr. (2000) omenili, da so se med raziskovalci pojavili dvomi o natančnosti kompendija, na katero naj bi vplivala telesna masa in delež maščobne mase. Zapisali so, da bi za individualno ocenjevanje porabe energije bili potrebni korekcijski faktorji, vendar ti še niso na voljo.

V zadnji izdaji kompendija so Ainsworth idr. (2011) navedli dva predloga za izračun porabe energije za telesno dejavnost. Prvi upošteva nasvete drugih avtorjev, drugi pa ne predstavlja ničesar novega.

1. predlog:

Navedli so raziskave, ki so obdelovale problematiko standardne vrednosti porabe energije v mirovanju ($3,5 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) in predlagale rešitev. Rešitev predstavlja uporaba korekcijskega faktorja, ki upošteva leta, višino, maso in spol. Byrne idr. (2005) ter Kozey idr. (2010) so predlagali uporabo Harris-Benedictove enačbe za oceno porabe energije v mirovanju. Za izračun porabe energije posameznega opravila je treba deliti standardno vrednost porabe energije v mirovanju z ocenjeno vrednostjo in nato količnik pomnožiti z MET vrednostjo iz kompendija.

$$\text{poraba energije} = (\text{standardna vrednost} / \text{ocenjena vrednost}) \times \text{MET vrednost dejavnosti}$$

Ainsworth idr. (2011) so sicer mnenja, da predlagana rešitev ni edina in nima nobene prednosti pred drugo. Zapisali so, da večina virov, uporabljenih v kompendiju za porabo energije v mirovanju uporablja standardno vrednost $3,5 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

2. predlog:

Za izračun kalorične porabe telesne dejavnosti predlagajo zmnožek MET vrednosti s telesno maso v kilogramih in časom dejavnosti v urah: $kcal = MET \times kg \times h$.

1.2.3 UPORABA RAZLIČNIH ENAČB KOT MOŽNA REŠITEV DILEM RAČUNANJA PORABE ENERGIJE PRI POSAMEZNIKU

Z namenom izbrati natančno enačbo za oceno porabe energije v mirovanju, je bilo pregledanih več raziskav, ki so omenjene enačbe predstavljale, ocenjevale ali oboje. Raziskave so bile pregledane v kronološkem zaporedju.

V raziskavah najbolj pogosto uporabljena in testirana je enačba Harris-Benedicta (HB) (Hasson, 2011). Ta je nastala v letu 1918 in je v uporabi še danes. V svoji enačbi upošteva spol, telesno maso, višino in starost (Harris in Benedict, 1918).

Poraba energije v mirovanju na dan za **moške** po HB enačbi:

$$66,4730 + 13751 \times \text{telesna masa (kg)} + 5,0033 \times \text{telesna višina (cm)} - 6,7550 \times \text{starost (leta)}$$

Poraba energije v mirovanju na dan za **ženske** po HB enačbi:

$$655,0955 + 9.5634 \times \text{telesna masa (kg)} + 1.8496 \times \text{telesna višina (cm)} - 4.6756 \times \text{starost (leta)}$$

Kot najbolj pogosto testirana enačba, je enačba HB velikokrat označena za ne popolnoma natančno. Cunningham (1980) je svojo raziskavo opravil na podlagi baze podatkov Harrisa in Benedicta. Uporabil je podatke 233 zdravih preizkušancev. Predlagal je novo enačbo (in jo poimenoval kot najboljšo) za ocenjevanje porabe energije v mirovanju, ki je temeljila na pustih telesni masi. Zapisal je, da spol in starost nista tako pomembna dejavnika, kot je bilo predvideno nekoč.

Poraba energije v mirovanju po Cunninghamovi enačbi:

$$500 + 22 \times \text{pusta telesna masa (kg)}$$

Thompson in Manore (1996) sta naredili raziskavo na sicer relativno majhnem vzorcu s 37 (24 moških, 13 žensk) vzdržljivostnimi športniki. Uporabili sta Cunninghamovo, HB, Mifflinovo in Owenovo enačbo ter ocenjene vrednosti primerjale z izmerjenimi. Ugotovila sta, da je Cunninghamova enačba bila najbolj primerna za oceno porabe energije v mirovanju pri vzdržljivostnih športnikih. Hkrati sta želeli ugotoviti, kateri dejavniki imajo največji vpliv na ocenjeno vrednost. Ugotovili sta, da je pri moških športnikih pusta telesna masa predstavljala najboljši napovedni dejavnik, med tem ko je pri ženskih športnicah najboljši napovedni dejavnik predstavljal kalorični vnos. Kot pomembni dejavniki so se izkazali tudi VO_{2max} in višina pri moških ter delež maščobne mase, razmerje med vnosom in porabo energije ter prosti tiroksin pri ženskah.

Garel idr. (1996) so prav tako podvomili v korektnost HB enačbe in naredili raziskavo na 67 preizkušancih ter primerjali HB enačbo še s petimi drugimi enačbami in z izmerjenimi vrednostmi. Izkazalo se je, da so ocene porabe energije s HB enačbo precenjene, predvsem pri posameznikih z nizko porabo energije v mirovanju. Kot najbolj natančne so se izkazale enačbe Svetovne zdravstvene organizacije (WHO), ki so bile natančne znotraj 10 % odstopanja pri vseh preizkušancih.

Henry (2005) je v pregledu raziskav iz obdobja 1980—2000 ugotovil ravno nasprotno kot Garel idr. (1996), saj naj bi WHO enačbe v večini primerov podajale precenjene ocene. Frankenfield, Roth-Yousey in Compher (2005) so prav tako opravili pregledno študijo, v kateri so pregledali 38 raziskav. Enako kot Henry so ugotovili, da enačbe WHO niso primerne za ocenjevanje individualne porabe energije v mirovanju, saj nobena študija naj ne bi navajala natančnosti enačb v primeru individualnih izračunov vendar le v primeru skupinskih povprečij. Če upoštevamo raziskavo Garela idr., je sporna ali ta trditev, ali pa ugotovitev Garela idr.

Frankenfield, Roth-Yousey in Compher (2005) so poleg WHO enačbe prepoznali še tri pogosto uporabljene enačbe in sicer HB, Owenovo in Mifflinovo. Natančnost Owenove ocene znotraj ± 10 % odstopanja naj bi se izkazala pri 73 % posameznikov. Enačbo naj bi testiralo 13 od 38 pregledanih študij, vendar je podatek 73 % pridobljen zgolj iz ene študije. Pomen preostalih 12 študij nam ostaja neznan. Natančnost ocene HB enačbe znotraj ± 10 % odstopanja naj bi se izkazala v 45—80 % primerov individualnih ocen. HB enačbo je raziskovalo 25 od 38 pregledanih člankov, vendar so podatki o natančnosti bili pridobljeni iz le 6 člankov. Kot najbolj natančna enačba je bila opredeljena Mifflinova. To je raziskovalo 10 od 38 pregledanih člankov. Mifflinova enačba naj bi bila natančna z ± 10 % odstopanjem v 83 % individualnih ocen porabe energije. Podatek je bil pridobljen iz ene same raziskave, to dejstvo pa postavlja pod vprašaj verodostojnost celotne raziskave Frankenfielda, Roth-Youseya in Compherja.

Hasson idr. (2011) so opravili raziskavo na 362 zdravih preizkušancih (176 moških in 186 ženskah). Izmerili so porabo energije v mirovanju. To so tudi ocenili s pomočjo enačb HB, Owena, Mifflina in WHO. Rezultati so pokazali, da od povprečne izmerjene vrednosti ocena nobene enačbe ni odstopala za več kot ± 10 %. V primeru posameznih meritev je HB enačba bila natančna v 57,5 % deležu primerov z ± 10 % odstopanjem, Owenova enačba le v 8 % deležu primerov, Mifflinova enačba v 56,4 % in WHO enačbe v 55,2 % deležu. Težava se pokaže, ko se ocene enačb primerjajo z izmerjenimi vrednostmi v podskupinah (spol, starost, ITM, rasa). Ocene HB enačbe so bile precenjene v starostni skupni 18—29 let. Ocene Owenove enačbe so bile podcenjene v obeh spolnih skupinah, vseh ITM skupinah, v starostni skupini 18—49 let in v rasni skupini belcev. Ocene Mifflinove enačbe so bile podcenjene v obeh spolnih skupinah, starostni skupini 40—60 let in rasni skupini belcev. Ocene Who enačb so bile precenjene pri moških, prekomerno prehranjenih in v starostni skupini 50—60 let.

Kronološki pregled študij daje jasno sliko, kako težko je izbrati primerno enačbo za oceno porabe energije v mirovanju. V prvi vrsti je vprašljiva natančnost študij, saj so nekatere delovale na podlagi majhnih vzorcev (Thompson in Manore, 1996; Garel idr., 1996), druge so premalo kritično uporabljale podatke drugih študij (Henry, 2005; Frankenfield,

Roth-Yousey in Compher, 2005). Vprašljive so tudi napovedovalne enačbe. V večini primerov je bilo mogoče ugotoviti, da posamezna enačba ni natančna v primeru specifičnega vzorca. Poleg tega pa so nekateri avtorji navajali številne dejavnike, kot so telesna masa, višina in starost (Harris in Benedict, 1918), pustta telesna masa (Cunningham, 1980; Thompson in Manore, 1996), VO_{2max} , razmerje med kaloričnim vnosom in porabo ter prosti tiroksin (Thompson in Manore, 1996), ki vplivajo na porabo energije v mirovanju. Ob vsem tem pa je precej nejasno, katera enačba ocenjuje porabo bazalnega metabolizma in katera porabo v mirovanju, saj študije teh dveh pojmov ne ločujejo dosledno. Jasno je dejstvo in poudarjajo ga različni avtorji (Frankenfield, Roth-Yousey in Compher, 2005; Hasson idr., 2011), da so predikcijske enačbe primerne za večje študije. Pri študijah z majhnimi vzorci in pri izračunih porabe energije, kjer so individualne vrednosti bistvenega pomena, pa bi bilo najbolj smiselno uporabljati metode posredne kalorimetrije.

1.2.4 PREDNOSTI IN SLABOSTI POSAMEZNIH OBJEKTIVNIH METOD ZA OCENJEVANJE PORABE ENERGIJE

1) NEPOSREDNA KALORIMETRIJA

Je najbolj natančna metoda, saj neposredno meri toplotno energijo kot stranski produkt mehanskega dela. Vendar je zahtevna za izvajanje. Prostor merjenja je omejen, zahteva veliko časa, opreme in strokovnjakov za nadzor ter izvedbo meritev (McArdle, Katch in Katch, 2010). Je primerna za potrebe meritev statičnih dejavnosti oziroma dejavnosti, omejenih na prostor v velikosti sobe. Vsekakor pa ni primerna za vsakdanje življenjske dejavnosti, ki zahtevajo neomejen prostor in spontanost, kot so dnevna opravila, šolske dejavnosti, športna rekreacija, športna tekmovanja, ipd. (McArdle, Katch in Katch, 2010).

2) POSREDNA KALORIMETRIJA

Posredna kalorimetrija je z vidika organizacije in izvedbe meritve preprostejša od neposredne kalorimetrije. Primerna je za merjenje porabe energije v natanko določenih situacijah športne dejavnosti. Primerna je predvsem za situacije laboratorijskega testiranja na raznih ergometrih in trenažerjih. Rezultati takšnih testiranj so podobno natančni, z minimalnim odstopanjem, kakor pri neposredni kalorimetriji (McArdle, Katch in Katch, 2010).

Testiranja v laboratorijih zahtevajo specifične prilagoditve športnika na okolje, v katerem se giba (umetna podlaga, gibanje na mestu, v omejenem prostoru, nošenje dihalne maske itd.). Takšen način merjenja porabe energije je primeren za potrebe testiranj vrhunskih športnikov in testiranj preostale športne populacije v raziskovalne namene. Čeprav obstajajo tudi prenosne naprave za neposredno kalorimetrijo, so še zmeraj drage in preveč moteče (Schneller, 2015), da bi bile primerne za uporabo na splošni populaciji pri vsakodnevni opravi in rekreacijskih športnih dejavnostih.

3) DVOJNO OZNAČENA VODA

Natančnost metode dvojno označena voda v primerjavi z neposredno kalorimetrijo v povprečju odstopa 3–5 % (McArdle, Katch in Katch, 2010). Metoda je primerna za ocenjevanje dnevne porabe energije vključno s spanjem v daljšem časovnem obdobju in za ekstremne dejavnosti, kot so ekstremni alpinistični vzponi, kolesarski ali tekaški maratoni, dejavnosti v vesolju idr. (McArdle, Katch in Katch, 2010).

Slabost metode predstavlja cena označenih izotopov in potreba po laboratorijskih analizah ter strokovnem in usposobljenem kadru za izvajanje analiz.

4) POSPEŠKOMETRI

Pospeškometri so zelo pogosto uporabljeni v raziskavah o porabi energije pri človeku (Bonomi, 2009). To omogoča dobro primerjavo med raziskavami. So majhni, lahki in predstavljajo majhno obremenitev za merjenca. Primerni so tudi za vgradnjo v druge naprave, kot so športne ure, zapestnice in mobilni telefoni. Tako so dostopni tudi splošni populaciji.

Slabosti pospeškometrov ni malo. Zaznavajo samo dinamično mišično delo, statično delovanje proti zunanji sili pa ne (Nilsson, 2008). Slabo je zaznavajo mirovanje. Pri ocenjevanju porabe energije so pomembni tudi podatki o mirovanju, saj poraba energije v mirovanju ni zmeraj enaka. Pomembno je tudi, da se iz zbranih podatkov loči čas mirovanja in čas, kadar pospeškometer ni na telesu. Pospeškometri ne morejo zaznati nekaterih gibanj, kot so npr. prenašanje bremen (Garatachea, 2010; Mindell, Coombs in Stamatakis 2014). Garatachea pravi, da še zmeraj ni popolnoma jasno, kje bi pospeškometer moral biti nameščen za najbolj učinkovito zaznavanje gibanja celega telesa. Sirard in Pate (2001) poudarjata, da en sam pospeškometer tega ne zmore zaznati. Težave nastanejo pri zaznavanju gibanja zgornjega dela telesa. Težavno je tudi zaznavanje gibanja pri nekaterih športnih dejavnostih, kot sta kolesarjenje ali plavanje.

5) MERILNIKI SRČNEGA UTRIPA

Merilniki srčnega utripa imajo prednost pred pospeškometri v tem, da zaznavajo fiziološke spremembe v telesu. Ločijo čas, kadar so v stiku s telesom in kadar ne. Pri višji srčni frekvenci, med 90 in 150 udarci/min, je povezava med srčno frekvenco in porabo kisika linearna (Cessay, 1989). To omogoča natančno oceno porabe energije med aerobnimi dejavnostmi. So lahki in ne predstavljajo obremenitve za merjenca. Zaznavajo različne vrste gibanja, neodvisno od ravnine in dodanega bremena. Uporabni so tudi med plavanjem in kolesarjenjem.

Prednosti so lahko hkrati tudi slabosti. Na srčno frekvenco vplivajo številni fiziološki dejavniki. Tako lahko povzročijo, da je ocena porabe energije na podlagi srčne frekvence precenjena. Na srčno frekvenco v mirovanju vplivajo anksioznost, emocionalni stres, utrujenost, telesni položaj, telesni fitnes, vnos hrane, stanje hidriranosti, temperatura in vlažnost okolice, kofein idr. (Armstrong in Welsman, 2006; Rowlands in Eston 2007). Srčna frekvenca se na hitre spremembe v gibanju odziva z zamikom in po prekinitvi gibanja ostaja

povišana še nekaj časa (Rachele, 2012). Armstrong in Welsman ter Rowlands in Eston navajajo, da je težavna tudi interpretacija podatkov, saj obstajajo številne metode, kar pa zmanjšuje njihovo primerljivost. Pri merilnikih srčne frekvence predstavlja slabost še predhodna kalibracija, ki je potrebna za vsakega posameznika posebej.

6) KOMBINIRANE METODE

Eston, Rowlands in Ingledew (1998) so ugotovili, da je regresijska enačba, ki je vključevala podatke triosnega pospeškometa in merilnika srčne frekvence, dala boljšo oceno porabe O₂, kot so jo dali podatki posameznega merilnika. Podatki kombiniranih metod dajejo bolj celostno sliko o gibalni dejavnosti (Mindel, Coombs in Stamatakis, 2014). Pospeškometri in merilniki srčne frekvence so danes združeni v enotnih napravah (v kombinaciji z elektrodami za zaznavo srčnega utripa, ki so ponavadi v obliki prsnega traku). Najnovejše naprave, ki za zaznavanje srčnega utripa uporabljajo metodo fotopletizmografije, pa tudi elektrod ne potrebujejo več.

V primeru ločenih naprav kombinirana metoda predstavlja večjo obremenitev za merjenja, saj mora hkrati uporabljati dva merilnika. Kombinirana metoda od proizvajalcev merilnikov in raziskovalcev zahteva več napora pri interpretaciji podatkov in posledično večje tveganje za napako pri računanju ocene porabe energije (Mindel, Coombs in Stamatakis, 2014). Naprave priznanih proizvajalcev, ki vključujejo kombinirano metodo, so drage (Mindel, Coombs in Stamatakis, 2014), vendar je danes na svetovnem spletu mogoče najti tudi naprave manj znanih proizvajalcev po zelo nizki ceni. Pri teh je sicer vprašljiva natančnost merjenja.

1.3 PREGLED RAZISKAV O MERILNIKIH FITBIT CHARGE HR, FITBIT ONE, POLAR M400, BODYMEDIA CORE IN SENSEWEAR PRO₃

1.3.1 FITBIT

Fitbit Charge HR

Wallen idr. (2016) so opravili raziskavo z 22 odraslimi osebami. V 60 min trajajočem testnem protokolu so za različne dejavnosti (od mirovanja, hoje in teka na tekoči preprogi, do kolesarjenja na ergometru) merili srčno frekvenco in porabo energije. Za referenčni metodi so uporabili elektrokardiogram (EKG) in posredno kalorimetrijo. Korelacija med Fitbit Charge HR in referenčno metodo je bila pri merjenju srčne frekvence v povprečju $r=0,81$ (v razponu $r=0,59-0,92$) in pri merjenju porabe energije v povprečju $r=0,64$ (v razponu $r=0,30-0,84$). Avtorji podajo mnenje, da je Fitbit Charge HR primeren za merjenje srčnega utripa, vendar ni primeren za ocenjevanje porabe energije.

Stahl idr. (2016) so testirali 50 preizkušancev v 30 min trajajočem testnem protokolu na tekoči preprogi. Dejavnost sta predstavljala hoja in tek pri 3,2' 4,8' 6,4' 8,0' ter 9,6 km/h. Merili so srčno frekvenco s Fitbit Charge HR in Polar RS400 HR kot referenčno metodo.

Korelacija med merilnikoma je bila zelo visoka ($r=0,93$), zaradi česar so avtorji zaključili, da so meritve srčne frekvence merilnika Fitbit Charge HR med hojo in tekom natančne.

Jo idr. (2016) so s 24 zdravimi preizkušanci opravili 77 minutni testni protokol, ki ga je sestavljalo 15 min mirovanja, 5 min kolesarjenja pri 60 W in 5 min pri 120 W, po 5 min hoje, teka, dvigovanja rok proti upor, izpadnih korakov z bremenom in izometrične leže v opori na podlahteh (plank položaj). Merili so frekvenco srčnega utripa (FSU). Za referenčno metodo so uporabili elektrokardiogram. Korelacija med Fitbit Charge HR in referenčno metodo je bila v povprečju $r=0,83$. Korelacija pri FSU > 116 je bila $r=0,58$, pri FSU < 117 $r=0,73$. Najmanjša je bila pri izpadnih korakih $r=0,28$ in planku $r=0,26$, najvišja pa pri hoji in teku $r=0,94$. Avtorji so podali mnenje, da Fitbit Charge HR generalno ni primeren za merjenje srčne frekvence pri raznovrstnih dejavnostih.

Fitbit One

Lee, Kim in Welk (2014) so testirali 60 zdravih odraslih v 69 min trajajočem protokolu sestavljenem iz 13 različnih dejavnosti. Merili so porabo energije. Za referenčno metodo so uporabili posredno kalorimetrijo. Povprečni absolutni delež napake za Fitbit One je znašal 10,4 %.

Diaz idr. (2015) so opravili raziskavo s 23 zdravimi odraslimi osebami. Analizirali so štetje korakov in oceno porabe energije. Uporabili so tri Fitbit One merilnike in jih namestili na različna mesta (desni bok od spredaj, desni bok od zadaj, levi bok). Za referenčni metodi so uporabili videoanalizo za štetje korakov ter posredno kalorimetrijo za oceno porabe energije. Ugotovili so, da je pri štetju korakov korelacija med Fitbit One in referenčno metodo zelo visoka ($r=0,97-0,99$), pri oceni porabe energije pa visoka ($r=0,86-0,87$). Podali so mnenje, da Fitbit One zanesljivo ocenjuje število korakov in porabljeno energijo pri hoji in teku.

1.3.2. POLAR

Polar M400

Med dolgotrajnim iskanjem po spletnih podatkovnih bazah nam ni uspelo najti raziskave, ki bi preizkušala delovanje merilnika Polar M400. Našli smo sicer raziskavo, ki je analizirala sorodni model A300, ki se od M400 razlikuje po tem, da nima senzorja za GPS. Vendar je uporabnost te raziskave vprašljiva, saj je izvedena na bolnikih z obstruktivno pljučno boleznijo in kot referenčno metodo uporablja le merilnik drugega podjetja (enega izmed SenseWear modelov). Boeselt idr. (2016) sicer podajo mnenje, da je merilnik A300 primeren za merjenje telesne dejavnosti pri bolnikih s kronično obstruktivno boleznijo pljuč.

1.3.3 BODYMEDIA

Pri pregledu literature je veliko težavo predstavljalo poimenovanje modelov merilnikov podjetja Bodymedia. Podjetje je v času svojega obstoja izdalo več modelov. Številni so si

med seboj podobni. Podjetje je tudi želelo ločiti prodajni liniji merilnikov, namenjeni potrošnikom in raziskovalcem. Potrošniška linija se je tržila pod imenom FIT. Mnogi avtorji so merilnike naslavljali zgolj kot SenseWear Armband, kar pa bralcu onemogoča, da bi vedel, kateri model je bil uporabljen v raziskavi. Nekateri so jih poimenovali SenseWear Armband Fit. Takšno poimenovanje prav tako ne določa natančno, kateri model merilnika je bil uporabljen.

Upoštevali smo zgolj raziskave, iz katerih je bilo mogoče natančno razbrati model merilnika.

BodyMedia Core

Za ta merilnik nam je uspelo najti le eno raziskavo. Sklepamo, da je bil uporabljen v več raziskavah, vendar, kot smo že omenili, v mnogih nismo mogli razbrati, kateri model je bil uporabljen.

Bai idr. (2015) so z 52 preizkušanci opravili 80 min trajajoč testni protokol, ki so ga sestavljale naslednje dejavnosti: 20 min sedeče dejavnosti, 25 min aerobne dejavnosti in 25 min vadbe za moč, z vmesnimi 5 min dolgimi odmori. Merili so porabo energije z merilnikom BodyMedia Core in posredno kalorimetrijo kot referenčno metodo. Povprečni absolutni delež napake za celotni protokol je znašal 15,3 %. Delež pri sedeči dejavnosti je znašal 15,7 %, pri aerobnih dejavnostih 17,2 % in pri vadbi za moč 29 %. Vrednost korelacijskega faktorja za povezanost med metodama je znašala $r=0,90$. Avtorji so podali mnenje, da je merilnik BodyMedia Core primeren za ocenjevanje individualne porabe energije, hkrati pa opozorili, da prihaja do večjih odstopanj pri vadbi za moč.

SenseWear Pro₃

Koehler idr. (2011) so opravili raziskavo s 14 vzdržljivostnimi športniki. Merili so skupno porabo energije in porabo energije pri posameznih športnih dejavnostih. Referenčna metoda za merjenje skupne porabe energije je bila dvojno označena voda, za merjenje porabe energije pri posameznih dejavnostih pa posredna kalorimetrija. Posamezne dejavnosti so predstavljali teki na tekoči preprogi pri različnih hitrostih (8,6 – 17,28 km/h) in kolesarjenje na ergometru pri različnih obremenitvah (140 – 380 W). Avtorji so podali mnenje, da SenseWear Pro₃ za ocenjevanje skupne porabe energije in porabe energije pri posameznih dejavnostih pri vzdržljivostnih športnikih ni primeren, saj podcenjuje porabo energije pri višje intenzivnih dejavnostih.

Calabro idr. (2014) so v raziskavo vključili 40 preizkušancev, s katerimi so opravili 60 min delno strukturirane nizko – zmerno intenzivne dejavnosti (sedenje, hoja, stanje, vzpenjanje po stopnicah). Primerjali so SenseWear Pro₃, SenseWear Mini in nekatere druge merilnike s posredno kalorimetrijo, kot referenčno metodo. Skupna poraba energije za celoten protokol je bila s strani SenseWear Pro₃ precenjena za 3,9 % (SenseWear mini 0,9 %). Avtorji so povzeli, da je SenseWear Pro₃ podal natančno povprečno oceno za skupino preizkušancev, vendar so njegove ocene individualne porabe energije vsebovale večje napake.

Brazeau idr. (2014) so z 20 odraslimi preizkušanci opravili naslednje meritve: 60 min mirovanja, 45 min hoje in teka na tekoči preprogi ($\sim 22\text{--}41\text{ \% VO}_{2\text{peak}}$) ter 45 min

kolesarjenja na ergometru ($\sim 50\% \text{ VO}_{2\text{peak}}$). Merili so tudi porabo dnevno porabo energije. Kot referenčni metodi so uporabili dvojno označeno vodo in posredno kalorimetrijo, prvo za merjenje dnevne porabe energije ter drugo za merjenje porabe energije med dejavnostmi. Povprečna razlika v odstotkih med SenseWear Pro₃ in referenčno metodo je bila najmanjša pri dnevni porabi energije (2,8 %) in največja pri kolesarjenju na ergometru (-37 %). Pri ostalih dejavnostih se je gibala med 12,4 in 28,0 %. Avtorji so podali mnenje, da je ocena merilnika SenseWear Pro₃ za dnevno porabo energije sprejemljiva, vendar ocene za porabo energije v mirovanju in pri ostalih dejavnostih niso sprejemljive.

Vernilo idr. (2015) so z 22 zdravimi odraslimi preizkušanci merili porabo energije v mirovanju in na tekoči preprogi pri različnih hitrostih ter različnih nakloninah. Kot referenčno metodo so uporabili posredno kalorimetrijo. Ugotovili so, da SenseWear Pro₃ podcenjuje porabo energije v primeru hoje po klancu navzgor in precenjuje v primeru hoje po klancu navzdol.

1.4 CILJI IN HIPOTEZE

Merjenje porabe energije je za raziskovalce že od nekdaj zelo zanimivo področje. Poznane so zelo natančne metode merjenja, kot so neposredna kalorimetrija, posredna kalorimetrija in dvojno označena voda. Slabost teh metod je v tem, da so zahtevne za izvajanje in cenovno težko dostopne. Za namene večjih raziskav so se raziskovalci trudili najti preprostejše in cenejše metode, ki bi dajale primerljive rezultate. Te so našli v pospeškometrih, merilcih srčnega utripa in nekaterih drugih senzorjih.

Z razvojem sodobne tehnologije so se številni senzori, predvsem pospeškometri, začeli pojavljati v potrošniški tehnologiji, kot so športne ure, mobilni telefoni in športne zapestnice. Namen senzorjev v teh napravah je njihovim uporabnikom približati podatke o gibalni dejavnosti. Tako merjenje energije ni več le področje raziskovalcev, temveč postaja del vsakdanjika splošne populacije.

1.4.1 CILJI

Diplomsko delo je nastalo z namenom primerjave nekaterih pogosto uporabljenih merilnikov porabe energije. Cilji tega dela so naslednji:

- 1) primerjati delovanje in rezultate meritev merilnikov različnih proizvajalcev pri različnih športnih dejavnostih in v mirovanju,
- 2) rezultate meritev primerjati z ocenami porabe energije pridobljenimi na podlagi kompendija telesnih dejavnosti (Compendium of Physical Activities),
- 3) ugotoviti, katere meritve se najbolj ujemajo z ocenami porabe energije pridobljenimi na podlagi kompendija telesnih dejavnosti,
- 4) preveriti prijaznost merilnikov do uporabnika z vidika udobja uporabe.

1.4.2 HIPOTEZE

Na podlagi ciljev smo določili naslednje hipoteze:

Hipoteza 1

Pri vseh merjenih dejavnostih so ocene merilnika SenseWear Pro₃ najbolj skladne z ocenami porabe energije pridobljenimi na podlagi kompendija telesnih dejavnosti, sledijo jim ocene merilnikov BodyMedia Core, Polar M400, najmanj pa so skladne ocene merilnika Fitbit Charge HR in Fitbit One.

Hipoteza 2

Med ocenami porabe energije različnih merilnikov ni statistično značilnih razlik pri nobeni telesni dejavnosti.

Hipoteza 3

Merilnik Fitbit Charge HR je z vidika udobnosti uporabniku najbolj prijazen.

2 METODE DELA

2.1 PREIZKUŠANCI

Meritve so bile izvedene kot samoeksperiment. Vse merilnike je preizkušanec med športnimi dejavnostmi nosil hkrati.

Tabela 2
Podatki o preizkušancu

spol	moški
leto rojstva	1994
starost	22
telesna višina [cm]	184
telesna masa [kg]	68
indeks telesne mase	20,1
FSU _{mir} [udarci/min]	58

V Tabeli 2 so prikazani osebni podatki o preizkušancu.

2.2 PRIPOMOČKI

2.2.1. MERILNIKI PORABE ENERGIJE

Za merjenje porabe energije pri posameznih dejavnostih smo uporabili 5 različnih merilnikov treh različnih proizvajalcev. Podatke o merilnikih smo pridobili iz priročnikov proizvajalcev, dosegljivih na spletu.

Fitbit Charge HR (Fitbit, Inc., San Francisco, ZDA) je merilnik v obliki zapestnice oziroma digitalne zapestne ure. Tehta 27 g. Za analizo dejavnosti uporablja 3-osni pospeškometer, višinomer in optični merilnik srčne frekvence. Za lažjo komunikacijo z uporabnikom ima vgrajen vibracijski motor. Za pridobivanje podatkov z merilnika je najprej treba na spletni strani podjetja ustvariti uporabniški račun in vnesti osebne podatke (starost, višina, teža idr.), na podlagi katerih program izračuna porabo energije v mirovanju. Nato je treba na računalnik (ali mobilno napravo) namestiti program za prenos podatkov. Podatki se prenašajo brezžično. Merilnik ima vgrajeno baterijo, ki se polni preko priloženega kabla.

Fitbit One (Fitbit, Inc., San Francisco, ZDA) je merilnik, oblikovan kot sponka, ki jo lahko zataknejo za kos oblačila. Tehta 17 g. Za analizo dejavnosti uporablja 3-osni pospeškometer in višinomer. Ima tudi vibracijski motor. Pridobivanje podatkov poteka enako, kot pri ostalih Fitbit modelih. Ima vgrajeno baterijo, ki se polni preko priloženega kabla.



Slika 1. Merilniki uporabljeni v raziskavi.

Na Sliki 1 so prikazani merilniki, ki smo jih uporabili za merjenje porabe energije. H7 je prsni trak s senzorjem za srčno frekvenco, ki se povezuje z merilnikom Polar M400.

Polar M400 (Polar Electro Oy, Finska) je zapestna ura, ki tehta 58 g. Za analizo dejavnosti uporablja 3-osni pospeškometer, GPS senzor in senzor za zaznavanje srčne frekvence, ki je v prsnem traku **H7** (Polar Electro Oy, Finska) in se povezuje brezžično z merilnikom Polar M400. H7 tehta 59 g. Podatke beleži v intervalih 1 s. Za pridobivanje podatkov z merilnika je najprej treba na spletni strani podjetja ustvariti uporabniški račun in vnesti osebne podatke. Nato je treba na računalnik (ali mobilno napravo) namestiti program za prenos podatkov. Podatki se prenašajo preko kabla. Ura ima vgrajeno baterijo, ki se polni preko priloženega kabla, pas s senzorjem za srčno frekvenco pa ima zamenljivo baterijo.

SenseWear Pro3 (BodyMedia, Inc., Pittsburgh, ZDA) je merilnik pritrjen na trak, ki se namesti okoli desne nadlahti. Skupaj s trakom za namestitev tehta 79 g. Za analizo dejavnosti uporablja 2-osni pospeškometer, senzorje za pretok toplote, za temperaturo kože, temperaturo v bližini telesa in senzor za galvanski odziv kože. Podatke beleži v različnih intervalih, odvisno od uporabnikovih nastavitev. Za pridobivanje podatkov z merilnika je najprej treba na računalnik namestiti program. Merilnik se z računalnikom poveže preko priloženega kabla. Ob prenosu podatkov je treba v program vnesti osebne podatke preizkušanca (starost, višino, težo itd.) z namenom izračuna poraba energije v mirovanju. Merilnik deluje na zamenljive baterije.

BodyMedia Core (BodyMedia, Inc., Pittsburgh, ZDA) je merilnik pritrjen na trak, ki se namesti okoli leve nadlahti. Skupaj s trakom za namestitev tehta 30 g. Merilnik uporablja 3-osni pospeškometer, senzor za pretok toplote, senzor za temperaturo kože in senzor za galvanski odziv kože. Podatke beleži v različnih intervalih, odvisno od uporabnikovih nastavitvev. Za pridobivanje podatkov z merilnika je naprej treba na računalnik namestiti program. Merilnik se z računalnikom poveže preko priloženega kabla. Ob prenosu podatkov je treba v program vnesti osebne podatke preizkušanca (starost, višino, težo itd.) z namenom izračuna porabe energije v mirovanju. Merilnik ima vgrajeno baterijo, ki se polni preko priloženega kabla.

2.2.2 INFORMACIJSKA TEHNOLOGIJA

Za vodenje dnevnika dejavnosti, pridobivanje podatkov in njihovo analizo in interpretacijo smo uporabili prenosni računalnik, programsko opremo za pridobivanje podatkov z merilcev in programsko opremo za oblikovno ter statistično obdelavo podatkov: Microsoft Word, Microsoft Excel in SPSS 23.

2.2.3 ŠPORTNA OPREMA

Za potrebe meritev smo uporabili moško gorsko kolo, rolarje, zaščitno opremo in športna oblačila ter tekaško obutev.

2.3 POSTOPEK

Za namen analize in medsebojne primerjave merilnikov smo izvedli meritve porabe energije pri različnih telesnih dejavnostih. Dejavnosti so bile naslednje:

- 1) mirovanje (v sedečem položaju)
- 2) hoja (5 km/h)
- 3) hoja (7 km/h)
- 4) tek (10 km/h)
- 5) rolanje (15 km/h)
- 6) kolesarjenje (20 km/h)

Vse dejavnosti so se izvajale na prostem, na ravnem terenu, v toplem in suhem vremenu, v športni opremi s kratkimi rokavi, kratkimi hlačami in tekaški obutvi. Pri vsaki dejavnosti smo za določanje porabe energije uporabili predhodno omenjenih 5 merilnikov. Merilniki so bili nameščeni pred začetkom dejavnosti v skladu z navodili proizvajalca. V uporabi so bili vsi merilniki hkrati.

Porabo energije za posamezno dejavnost smo tudi izračunali po enačbi, ki so jo predlagali Byrne idr. (2005). V pomoč so nam bili podatki o stopnjah intenzivnosti za posamezno dejavnost, pridobljeni iz kompendija telesnih dejavnosti (Compendium of Physical Activities)

(Ainsworth idr., 2011) in ocena porabe energije v mirovanju, pridobljena po enačbi Harris-Benedict (Harris in Benedict, 1918).

Porabo energije smo izračunali po naslednjih enačbah:

Poraba energije v mirovanju za moške po enačbi Harris-Benedict (HB):

$66,4730 + 13751 \times \text{telesna masa (kg)} + 5,0033 \times \text{telesna višina (cm)} - 6,7550 \times \text{starost (leta)}.$

Poraba energije za posamezno dejavnost po Byrne idr. (2005):

$(1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} / \text{ocenjena vrednost po HB enačbi}) \times \text{MET vrednost dejavnosti}.$

Vodili smo dnevnik meritev. Posamezna dejavnost je bila merjena trikrat (razen rolanje dvakrat), skupno je bilo izvedenih 17 meritev. Vsaka meritev je trajala 10 min. V dnevnik smo zapisali datum in uro meritve, izmerjene vrednosti ter posebnosti oziroma napake v delovanju merilnikov.

Za oceno udobja uporabe merilnikov smo sestavili vprašalnik na podlagi 5-stopenjske Likertove lestvice in naslednjih enajstih trditev:

1. Merilnik je lahek.
2. Nameščanje merilnika je preprosto.
3. Merilnik ni vpadljiv, nosim ga brez dileme.
4. Videz merilnika mi je všeč, nosil/a bi ga tudi, kadar nisem športno dejaven/a.
5. Nošenje merilnika je udobno, kmalu pozabim, da ga imam na sebi.
6. Uporaba merilnika med dejavnostjo je preprosta.
7. Dostop do podatkov po koncu dejavnosti je hiter.
8. Merilnik nikdar ne zataji ali zataji poredko.
9. Prenos podatkov na računalnik je preprost.
10. Računalniški program je pregleden in razumljiv.
11. Skrb za merilnik je preprosta (polnjenje, čiščenje).

Vprašalnik smo izpolnili za vsak merilnik posebej. Priložili smo ga k prilogam na koncu diplomskega dela.

2.4. ANALIZA PODATKOV

Statistično analizo podatkov smo izvedli s programsko opremo SPSS 23 ter Microsoft Excel. Razlike med izmerjenimi vrednostmi porabe energije posameznih merilnikov pri različnih dejavnostih smo preverili na dva načina. Najprej smo uporabili Bland-Altmanovo metodo (Altman in Bland, 1983), po kateri smo izdelali grafe za vrednosti meritev pri posamezni dejavnosti. Na graf smo dodali še podatek o izračunani oceni porabe energije pri posamezni dejavnosti (pridobljeni na podlagi kompandija telesnih dejavnost). Na pogled smo ocenili odstopanje vrednosti posameznih meritev od povprečne vrednosti vseh meritev.

V drugem koraku smo izračunali razlike med izmerjenimi vrednostmi posameznih merilnikov in povprečno izmerjeno vrednostjo vseh merilnikov. Izračunali smo še standardne odklone razlik med vrednostmi vsakega merilnika in povprečno vrednostjo vseh merilnikov, na podlagi katerih smo lahko ocenili, ali so meritve z različnimi merilniki iz praktičnega vidika med seboj primerljive

Izvedli smo še analizo variance in Levenov test homogenosti variance. Za dejavnosti, pri katerih je bil Levenov test statistično značilen, smo opravili Tukey post-hoc test, za preostale pa Games-Howell post-hoc test. Na podlagi pridobljenih podatkov smo preverili *hipotezo 2*. Podatke smo grafično interpretirali s pomočjo programa Excel.

Nato smo izračunali še razlike med izmerjenimi vrednostmi posameznih merilnikov in izračunanimi vrednostmi za posamezne dejavnosti, pridobljene na podlagi kompendija telesnih dejavnosti. Tako smo lahko podali mnenje, kateri merilnik je najbolj skladen s kompendijem telesnih dejavnosti in preverili *hipotezo 1*.

Po rešitvi vprašalnika o udobju uporabe merilnikov smo sešteli dosežene točke za vsak merilnik posebej in ugotovili, kateri merilnik je najbolj udoben za uporabo. Na podlagi vprašalnika smo preverili *hipotezo 3*.

2.5 V VEDNOST

Po Zakonu o meroslovju (2000) in Odredbi o merskih enotah (2001) se v Republiki Sloveniji za izražanje merilnih rezultatov in vrednosti fizikalnih veličin v javni rabi uporablja enote mednarodnega sistema enot SI. Sistem enot SI (2006) za opredelitev energije, dela in količine toplote zahteva uporabo enote joule (J), vendar smo podatke beležili in interpretirali v kilokalorijah (kcal) iz naslednjih razlogov:

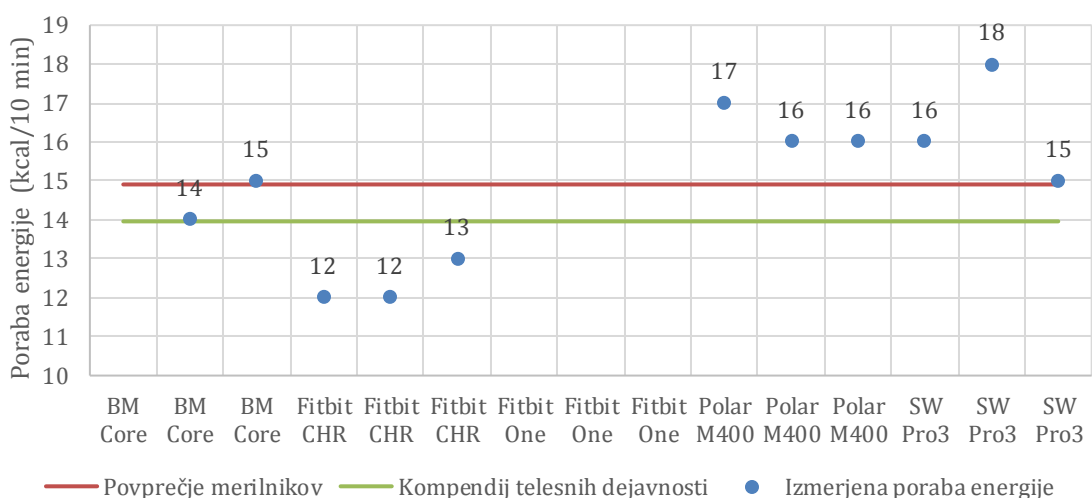
- Večina pregledanih (več kot 100) strokovnih člankov s področja merjenja porabe energije uporablja enoto *kcal*.
- Večinski del strokovne literature (več kot 40 virov), uporabljene v tem diplomskem delu, uporablja enoto *kcal*.
- Uporaba enote *kcal* omogoča lažjo in učinkovitejšo primerjavo med raziskavami.
- Vsi merilniki, s katerimi smo se srečali pred in v času pisanja diplomskega dela ter priložena programska oprema, navajajo porabo energije v *kcal* (izjema je programska oprema podjetja Bodymedia, ki pa več ni uraden produkt, saj podjetje uradno več ne posluje)
- Uporaba enote *kcal* zagotavlja izključitev možnosti napake pri preračunavanju vrednosti iz *kcal* v *J*.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

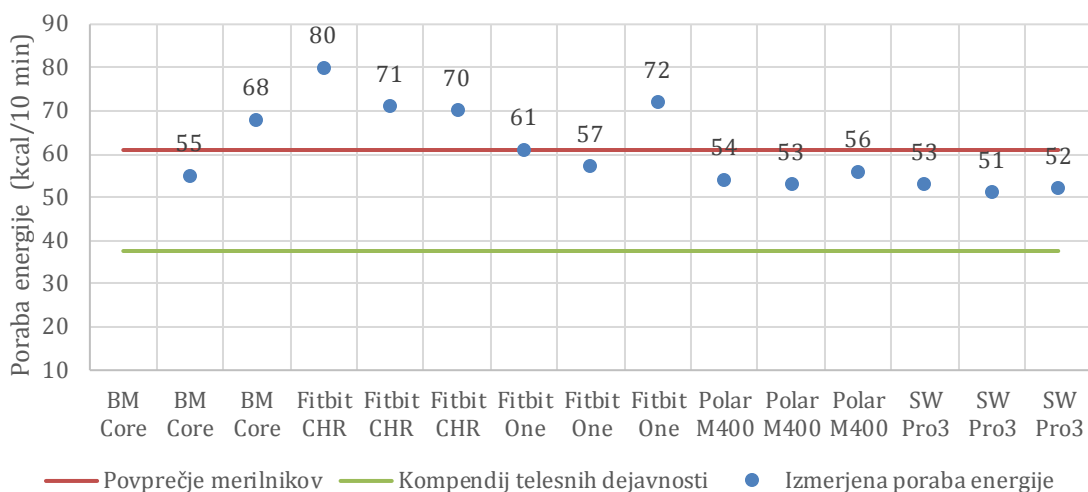
3.1 PRIMERJAVA IZMERJENIH VREDNOSTI PORABE ENERGIJE MED MERILNIKI

Razlike med izmerjenimi vrednostmi porabe energije različnih merilnikov pri posameznih dejavnostih smo preverili na dva načina. Najprej smo uporabili Bland-Altmanovo metodo (Altman in Bland, 1983), po kateri smo izdelali grafe (Slike 2 do 7) za meritev posamezne dejavnosti z različnimi merilniki. Na pogled smo ocenili odstopanje posameznih izmerjenih vrednosti od povprečja vseh izmerjenih vrednosti. Dodali smo še podatek o izračunanih vrednostih porabe energije pri posamezni dejavnosti, ki smo jih pridobili na podlagi kompendija telesnih dejavnosti (Compendium of Physical Activities) (Ainsworth idr., 2011).

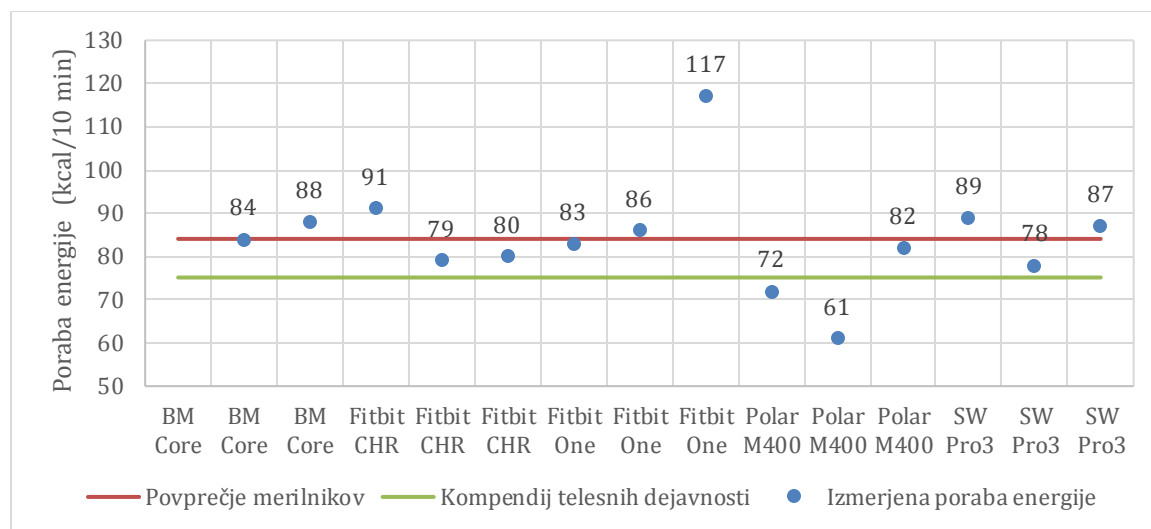
V Slikah 2 do 7 so grafično prikazane vrednosti vseh meritev za posamezno dejavnost. Z modro piko so označene vrednosti posamezne meritve (kjer meritev ni bila veljavna, vrednost ni označena). Izvedene so bile tri serije meritev, zato je v Slikah 2 do 7 meritev vsakega merilnika navedena trikrat. Številke ob modrih pikah predstavljajo izmerjeno vrednost porabe kalorij v kcal/10 min. Z rdečo črto je označena povprečna vrednost vseh meritev pri posamezni dejavnosti, z zeleno črto pa je označena vrednost porabe energije za določeno dejavnost, pridobljena na podlagi kompendija telesnih dejavnosti. Z *BM Core* je označen merilnik BodyMedia Core, s *SW Pro3* pa merilnik SenseWear Pro3.



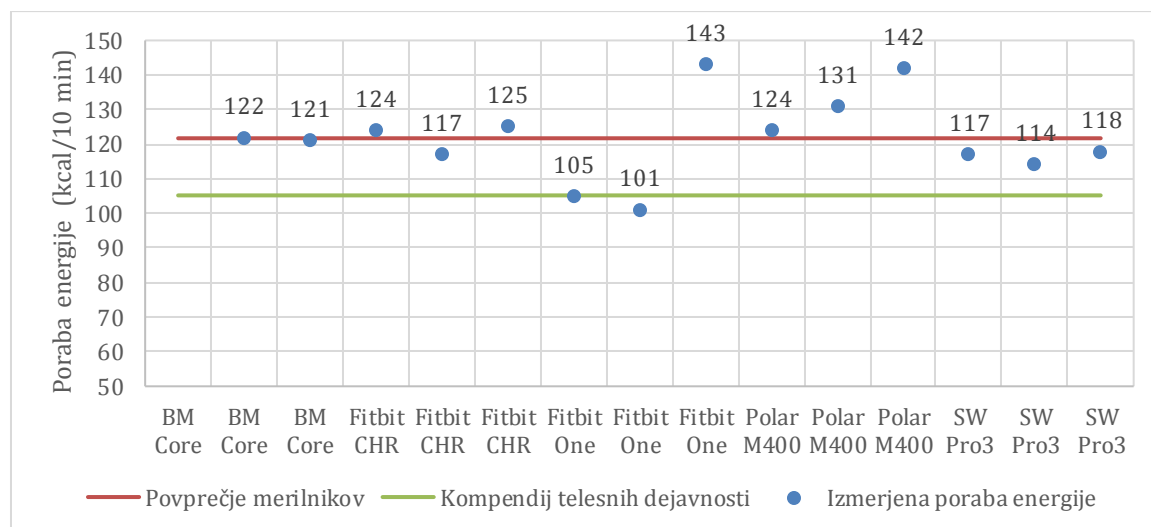
Slika 2. Izmerjene vrednosti porabe energije v mirovanju



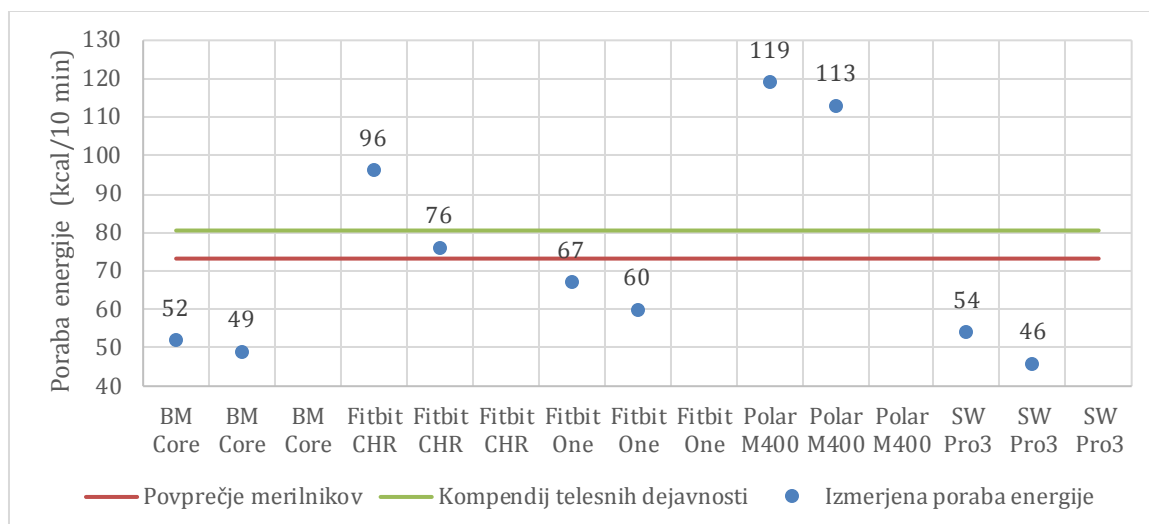
Slika 3. Izmerjene vrednosti porabe energije pri hoji (5 km/h)



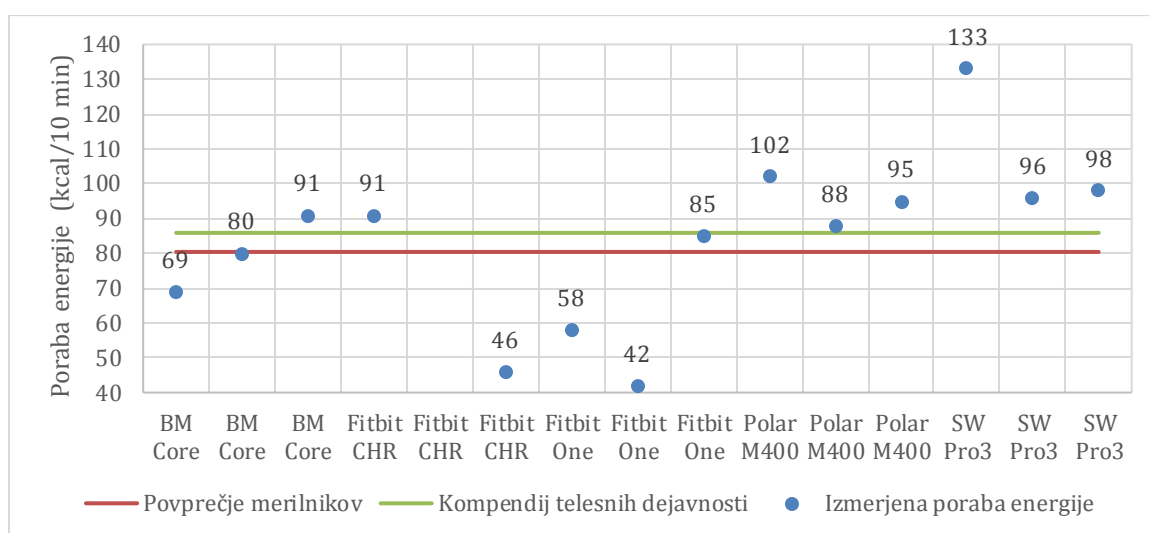
Slika 4. Izmerjene vrednosti porabe energije pri hoji (7 km/h)



Slika 5. Izmerjene vrednosti porabe energije pri teku (10 km/h)



Slika 6. Izmerjene vrednosti porabe energije pri rolanju (15 km/h)



Slika 7. Izmerjene vrednosti porabe energije pri kolesarjenju (20 km/h)

V drugem koraku smo izračunali razlike med vrednostmi posameznih merilnikov in povprečjem vrednosti vseh merilnikov pri posamezni dejavnosti. Nato smo izračunali še razlike med vrednostmi posameznih merilnikov in po kompandiju izračunano vrednostjo porabe energije za posamezno dejavnost. Podatki so prikazani v Tabelah 3 do 8.

Tabela 3

Razlike med vrednostmi posameznih merilnikov in povprečjem vrednosti vseh merilnikov ter med vrednostmi posameznih merilnikov in po kompendiju izračunanih vrednostmi v mirovanju

	MERILNIK				
	BodyMedia Core	Fitbit Charge HR	Fitbit One	Polar M400	SenseWear Pro ₃
Razlika od povprečja	-0,41	-2,58	/	1,42	1,42
Razlika v % povprečja	-6,1%	0,6%	/	-19,5%	-12,8%
Razlika od kompendija	0,5	-1,6	/	2,4	2,4
Razlika v % kompendija	3,9%	-11,7%	/	17,0%	17,0%

Tabela 4

Razlike med vrednostmi posameznih merilnikov in povprečjem vrednosti vseh merilnikov ter med vrednostmi posameznih merilnikov in po kompendiju izračunanih vrednostmi pri hoji (5 km/h)

	MERILNIK				
	BodyMedia Core	Fitbit Charge HR	Fitbit One	Polar M400	SenseWear Pro ₃
Razlika od povprečja	0,57	12,74	2,40	-6,60	-8,93
Razlika v % povprečja	-9,7%	11,6%	31,3%	16,5%	14,9%
Razlika od kompendija	23,9	36,1	25,8	16,8	14,4
Razlika v % kompendija	63,7%	96,1%	68,6%	44,6%	38,4%

Tabela 5

Razlike med vrednostmi posameznih merilnikov in povprečjem vrednosti vseh merilnikov ter med vrednostmi posameznih merilnikov in po kompendiju izračunanih vrednostmi pri hoji (7 km/h)

	MERILNIK				
	BodyMedia Core	Fitbit Charge HR	Fitbit One	Polar M400	SenseWear Pro ₃
Razlika od povprečja	1,93	-0,74	11,26	-12,40	0,60
Razlika v % povprečja	-0,1%	4,7%	8,2%	-6,0%	-4,8%
Razlika od kompendija	10,9	8,2	20,2	-3,5	9,5
Razlika v % kompendija	14,5%	10,9%	26,9%	-4,6%	12,7%

Tabela 6

Razlike med vrednostmi posameznih merilnikov in povprečjem vrednosti vseh merilnikov ter med vrednostmi posameznih merilnikov in po kompendiju izračunanih vrednostmi pri teku (10 km/h)

	MERILNIK				
	<i>BodyMedia Core</i>	<i>Fitbit Charge HR</i>	<i>Fitbit One</i>	<i>Polar M400</i>	<i>SenseWear Pro3</i>
Razlika od povprečja	-0,21	0,29	-5,38	10,62	-5,38
Razlika v % povprečja	0,2%	-0,6%	1,9%	-3,9%	2,7%
Razlika od kompendija	16,3	16,8	11,1	27,1	11,1
Razlika v % kompendija	15,5%	16,0%	10,6%	25,8%	10,6%

Tabela 7

Razlike med vrednostmi posameznih merilnikov in povprečjem vrednosti vseh merilnikov ter med vrednostmi posameznih merilnikov in po kompendiju izračunanih vrednostmi pri rolanju (15 km/h)

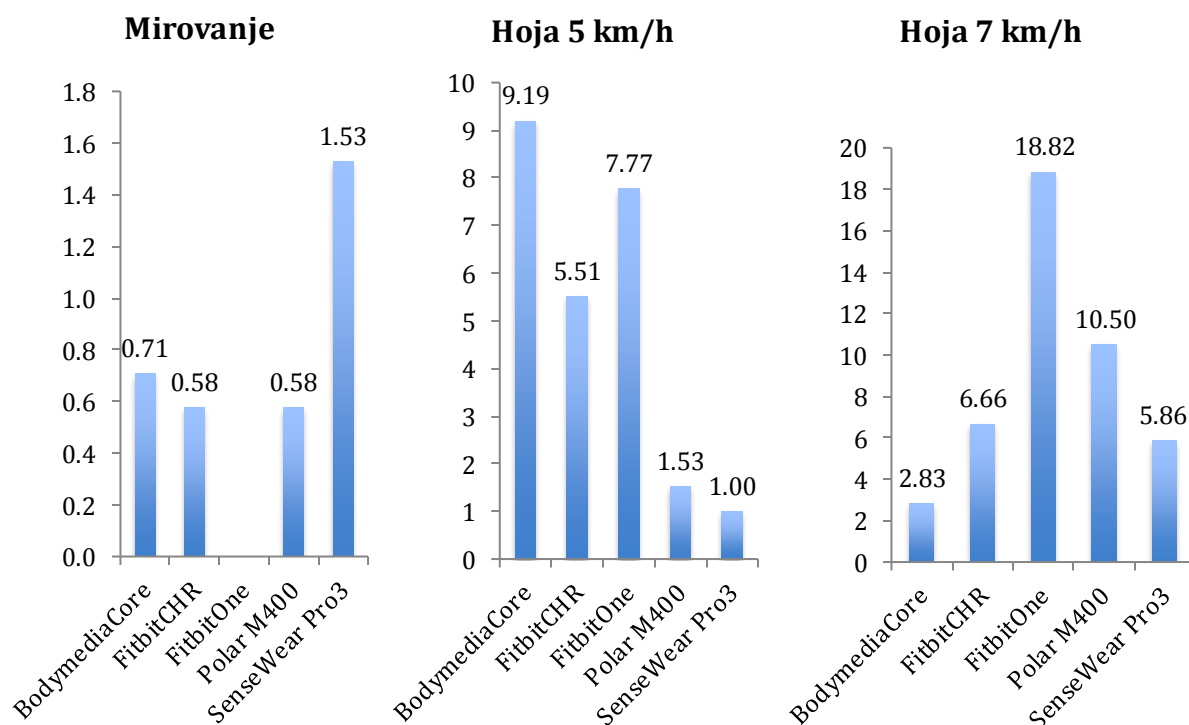
	MERILNIK				
	<i>BodyMedia Core</i>	<i>Fitbit Charge HR</i>	<i>Fitbit One</i>	<i>Polar M400</i>	<i>SenseWear Pro3</i>
Razlika od povprečja	-24,2	12,8	-9,7	42,8	-23,2
Razlika v % povprečja	-33,1%	/	31,1%	3,8%	/
Razlika od kompendija	-31,5	5,5	-17,0	35,5	-30,5
Razlika v % kompendija	-39,1%	6,8%	-21,1%	44,1%	-37,9%

Tabela 8

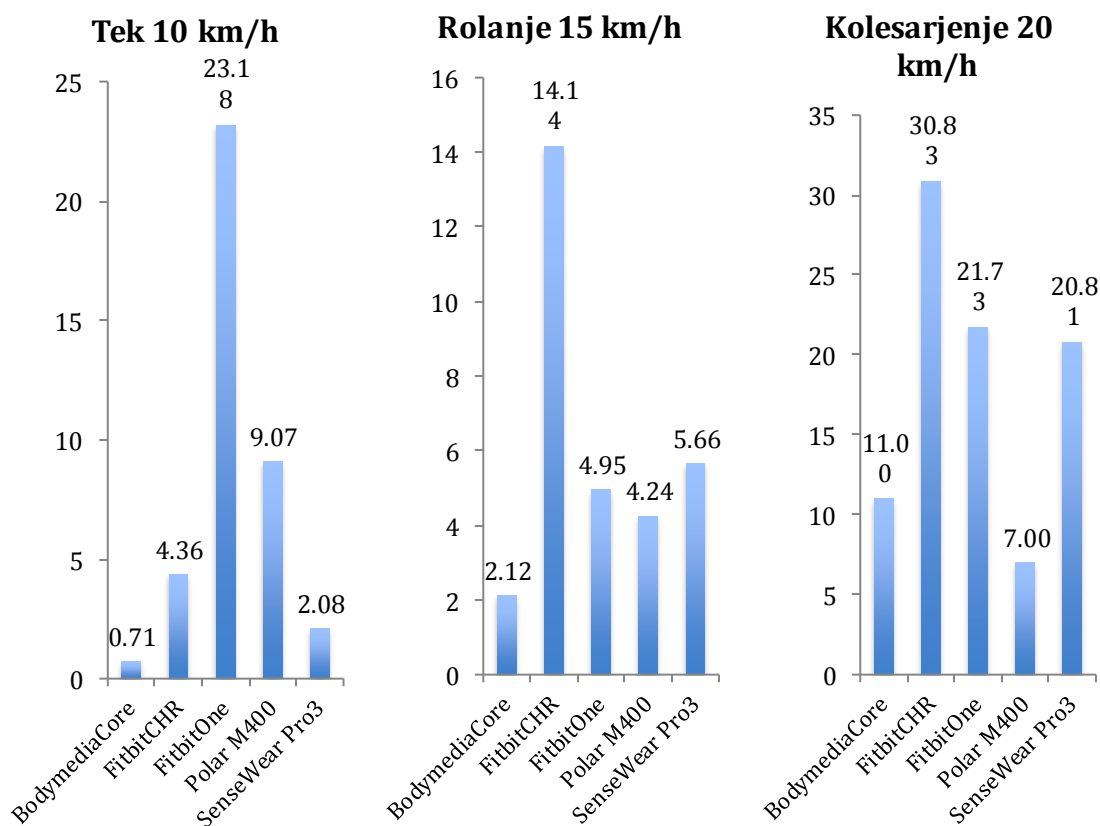
Razlike med vrednostmi posameznih merilnikov in povprečjem vrednosti vseh merilnikov ter med vrednostmi posameznih merilnikov in po kompendiju izračunanih vrednostmi pri kolesarjenju (20 km/h)

	MERILNIK				
	<i>BodyMedia Core</i>	<i>Fitbit Charge HR</i>	<i>Fitbit One</i>	<i>Polar M400</i>	<i>SenseWear Pro3</i>
Razlika od povprečja	5,10	-24,07	-18,73	14,60	28,60
Razlika v % povprečja	-0,5%	13,2%	13,2%	-60,2%	-42,8%
Razlika od kompendija	-0,4	-29,5	-24,2	9,1	23,1
Razlika v % kompendija	-0,4%	-34,4%	-28,2%	10,6%	26,9%

Izračunali smo še standardne odklone razlik med vrednostmi posameznega merilnika in povprečjem vrednosti vseh merilnikov pri posamezni dejavnosti. Podatki so prikazani v Slikah 8 in 9.



Slika 8. Standardni odklon razlik med vrednostmi posameznega merilnika od povprečja vrednosti vseh merilnikov (kcal/10 min).



Slika 9. Standardni odklon razlik med vrednostmi posameznega merilnika od povprečja vrednosti vseh merilnikov (kcal/10 min).

Na podlagi standardnih odklonov smo lahko ocenili, ali so meritve z različnimi merilniki iz praktičnega vidika med seboj primerljive.

Izkazalo se je, da vrednosti različnih merilnikov niso enako primerljive pri vseh dejavnostih in da pri posamezni dejavnosti navadno en merilnik ni primerljiv z drugimi.

Da bi še statistično preverili razlike, smo izvedli analizo variance in post-hoc teste.

Analiza variance je pokazala, da med merilniki obstajajo statistično značilne razlike v oceni porabe energije pri dejavnostih *hoja* (5 km/h) $F(4, 9)=7,22$, $p=0,007$, *rolanje* (15 km/h) $F(4, 5)=28,17$, $p=0,001$, in *kolesarjenje* (20 km/h) $F(4, 10)=3,63$, $p=0,045$. Pri dejavnostih *hoja* (7 km/h) in *tek* (10 km/h) med ocenami merilnikov ni bilo statistično značilnih razlik.

Levenov test homogenosti variance je bil statistično značilen v primeru dejavnosti *hoja* (5 km/h) $p=0,013$, *tek* (10 km/h) $p=0,007$ in *rolanje* (15 km/h) $p<0,001$, zaradi česar smo za te primere po analizi variance izvedli Tukey post-hoc test, v ostalih dveh primerih pa Games-Howell post-hoc test.

Tukey post-hoc test je podal statistično značilne razlike pri dejavnosti *hoja* (5 km/h) med vrednostmi merilnikov Fitbit Charge HR in Polar M400 $p=0,013$ ter Fitbit Charge in SenseWear Pro₃ $p=0,006$. Do statistično značilnih razlik je v večji meri prišlo pri dejavnosti *rolanje* (15 km/h) in sicer med vrednostmi merilnikov BodyMedia Core in Fitbit Charge $p=0,026$, Bodymedia Core in Polar M400 $p=0,002$, Fitbit Charge HR in Sensewear Pro₃ $p=0,024$, Fitbit One in Polar M400 $p=0,005$ ter Polar M400 in SenseWear Pro₃ $p=0,002$. Med vrednostmi preostalih merilnikov ni prišlo do statistično značilnih razlik.

Hipoteza 2 pravi, da med ocenami porabe energije različnih merilnikov ni statistično značilnih razlik pri nobeni telesni dejavnosti. Na podlagi rezultatov statistične obdelave podatkov lahko ovržemo *hipotezo2*, saj so statistično značilne razlike med merilniki prisotne pri več dejavnostih.

3.2 PRIMERJAVA IZMERJENIH IN IZRAČUNANIH VREDNOSTI PORABE ENERGIJE

V naši raziskavi smo primerjali 5 različnih modelov merilnikov porabe energije. Vsi delujejo na podlagi pospeškometrov. Nekateri imajo dodane še posamezne senzorje, naprimer senzor za zaznavanje srčne frekvence, nadmorske višine, lokacije, temperature itd. Merilniki niso tako natančni, kot so metode neposredne in posredne kalorimetrije ali metoda dvojno označene vode. Vendar je njihova uporaba bolj primerna za merjenje porabe energije pri dejavnostih na prostem, še posebej v primeru večjega števila preizkušancev. Kadar raziskave vključujejo zelo veliko število preizkušancev, pri katerem bi bila uporaba tudi teh merilnikov težko izvedljiva, pridejo v poštev druge metode, naprimer metoda samoporočanja. V primeru takšne metode se poraba energije računa na podlagi različnih enačb. V pomoč pri računanju je kompendij, v katerem so zbrane številne dejavnosti in njim pripadajoče stopnje

intenzivnosti (Ainsworth idr., 2011). Te so opredeljene z MET vrednostmi. Na podlagi teh vrednosti lahko raziskovalci računajo individualno porabo energije za posamezno dejavnost.

Za posamezne dejavnosti smo izračunali individualno porabo energije in izračunane vrednosti primerjali z izmerjenimi.

Največja razlika med izračunanimi vrednostmi po kompendiju in povprečnimi izmerjenimi vrednostmi, je pri dejavnosti *hoja (5 km/h)*. Najmanjša razlika pa pri *mirovanju*. Razen pri dejavnostih *rolanje (15 km/h)* in *kolesarjenje (20 km/h)*, so izmerjene vrednosti višje od izračunane. Podatki o razlikah so navedeni v Tabeli 9.

Tabela 9

Povprečje razlik (med povprečnimi izmerjenimi vrednostmi merilnikov in izračunano vrednostjo po kompendiju) za posamezno dejavnost

DEJAVNOST	POVPREČJE RAZLIK	ABSOLUTNA VREDNOST
Mirovanje	-6,4%	6,4%
Hoja 5 km/h	-38,3%	38,3%
Hoja 7 km/h	-10,6%	10,6%
Tek 10 km/h	-13,6%	13,6%
Rolanje 15 km/h	10,0%	10,0%
Kolesarjenje 20 km/h	6,8%	6,8%
	povprečje	14,3%

Analiza je pokazala, da izmerjene vrednosti niso popolnoma skladne z izračunanimi vrednostmi, pridobljenimi po kompendiju telesnih dejavnosti.

Tabela 10

Povprečje razlik (med povprečnimi izmerjenimi vrednostmi posamezne dejavnosti in izračunanimi vrednostmi po kompendiju) za posamezen merilnik

	MERILNIK				
	<i>BodyMedia Core</i>	<i>SenseWear Pro3</i>	<i>Polar M400</i>	<i>Fitbit Charge HR</i>	<i>Fitbit One</i>
POVPREČJE RAZLIK	22,8%	23,9%	24,5%	29,3%	31,1%

V Tabeli 10 lahko vidimo, da je v povprečju najmanjša razlika med izračunanimi vrednostmi in izmerjenimi vrednostmi pri merilnikih BodyMedia Core in SenseWear Pro3, največja razlika pa pri merilnikih Fitbit Charge HR in Fitbit One.

Na podlagi ugotovitev lahko ovržemo *hipotezo 1*, v kateri smo predvideli, da bodo s kompendijem telesnih dejavnosti najbolj skladni rezultati merilnika SenseWear Pro3.

3.3 UDOBNOST UPORABE MERILNIKOV

Merilniki se razlikujejo v teži, velikosti, materialih, iz katerih so narejeni in v načinu uporabe. V Tabeli 11 smo navedli prednosti in slabosti uporabe merilnikov, ki smo jih opazili med izvajanjem meritev.

V literaturi nam ni uspelo zaslediti, da bi kateri izmed avtorjev podal natančno primerjavo udobnosti uporabe med različnimi merilniki, zato smo z namenom natančne primerjave ustvarili in izpolnili vprašalnik na podlagi 5-stopenjske Likertove lestvice in 11 trditev. Vprašalnik je uporaben tudi za oceno udobnosti uporabe drugih merilnikov. Številčne ocene posameznih trditev smo seštevali kot točke (55 možnih točk). Več kot je bilo merilniku dodeljenih točk, bolj je bila udobna njegova uporaba. Merilnik Fitbit Charge HR (48 točk) se je izkazal kot najbolj udoben. Sledili so Polar M400 (47 točk), Fitbit One (44 točk), SenseWear Pro3 (32 točk) in BodyMedia Core (30 točk).

Na podlagi analize udobnosti uporabe merilnikov lahko **sprejmemo hipotezo 3**, v kateri smo z vidika udobnosti kot uporabniku najbolj prijazen merilnik predvideli Fitbit Charge HR.

Tabela 11
Prednosti in slabosti uporabe posameznih merilnikov

MERILNIK	PREDNOSTI	SLABOSTI
Fitbit Charge HR	+ lahek, + preprost za uporabo + vibracijski signali	- majhen ekran, - v napoto pri uporabi ščitnikov za dlani (pri rolanju)
Fitbit One	+ lahek in majhen + preprost za uporabo + vibracijski signali	- majhen ekran
Polar M400	+ velik ekran + posreduje veliko informacij + glasni zvočni signali	- v dveh delih (prsni trak) - nima vibracijskih signalov - v napoto pri uporabi ščitnikov za dlani (pri rolanju) - najzahtevnejši za uporabo (izmed uporabljenih merilnikov)
SenseWear Pro₃	+ preprost za uporabo (v primeru kratkih rokavov) + vibracijski signali	- otežena uporaba v primeru dolгих rokavov - tihi zvočni signali - velikost
BodyMedia Core	+ preprost za uporabo (v primeru kratkih rokavov) + majhen	- otežena uporaba v primeru dolгих rokavov - tihi zvočni signali - nima vibracijskih signalov

4 SKLEP

V uvodnem delu smo predstavili teoretične osnove merjenja porabe energije pri ljudeh. Razložili smo nekatere fizikalne pojme, ki se pojavljajo na tem področju, predstavili sodobne načine merjenja energije in opisali nekatere vrste merilnih naprav. Razložili smo tudi pojem metabolični ekvivalent opravila (MET) in predstavili kompendij telesnih dejavnosti (Compendium of Physical Activities). Opravili smo pregled dilem, problemov in predlaganih rešitev pri ocenjevanju porabe energije. Izpostavili smo dileme pri računanju individualne porabe energije za posamezno dejavnost z uporabo MET vrednosti za opredelitev stopnje intenzivnosti in z uporabo splošno sprejete vrednosti za porabo energije v mirovanju ($3,5 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ oziroma $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Predstavili smo dileme pri uporabi kompendija telesnih dejavnosti in preučili upravičenost uporabe različnih enačb, kot možnost rešitve dilem pri računanju porabe energije pri posamezniku. Način računanja individualne porabe energije za določeno dejavnost po predlogu Byrne idr. (2005) smo spoznali kot najbolj primerne. Enačba za izračun porabe energije po Byrne idr. upošteva Harris-Benedict enačbo za izračun porabe energije v mirovanju in vrednosti MET iz kompendija telesnih dejavnosti za opredelitev intenzivnosti posamezne dejavnosti.

Nato smo predstavili prednosti in slabosti objektivnih metod za ocenjevanje porabe energije. Opravili smo pregled literature na temo merilnikov, ki smo jih uporabili v naši raziskavi. Ugotovili smo, da obstaja veliko raziskav, ki so testirale enake merilnike kakor mi ali pa njim podobne modele merilnikov. Opazili smo z vidika verodostojnosti raziskav problematičen pojav. Veliko avtorjev ni natančno navajalo modelov testiranih merilnikov, saj so velikokrat navajali pomanjkljiva ali napačna imena modelov. Bralcem to onemogoča pridobivanje uporabnih informacij, raziskovalcem pa onemogoča primerjanje podatkov med študijami. Raziskave, ki smo jih pregledali, so kot referenčne merilne metode uporabljale povečini posredno kalorimetrijo, dvojno označeno vodo in elektrokardiogram.

V raziskavi smo izvedli primerjavo izmerjenih vrednosti porabe energije med posameznimi merilniki. Uporabili smo Bland-Altmanovo metodo za izdelavo grafa, na podlagi katerega smo na pogled ocenili odstopanje posameznih izmerjenih vrednosti od povprečja vseh izmerjenih vrednosti ter od izračunane vrednosti pri posamezni dejavnosti. Izračunali smo še standardne odklone razlik med vrednostmi posameznega merilnika in povprečjem vrednosti vseh merilnikov pri posamezni dejavnosti. Izkazalo se je, da vrednosti različnih merilnikov niso primerljive pri vseh dejavnostih in da pri posamezni dejavnosti vrednosti merilnikov niso primerljive med seboj. Da bi še statistično preverili razlike, smo izvedli analizo variance in post-hoc teste. Analiza variance je pokazala, da med merilniki obstajajo statistično značilne razlike v oceni porabe energije pri dejavnostih *hoja* (5 km/h), *rolanje* (15 km/h), in *kolesarjenje* (20 km/h) F. Pri dejavnostih *hoja* (7 km/h) in *tek* (10 km/h) med ocenami merilnikov ni bilo statistično značilnih razlik. Statistično značilne razlike so bile izražene pri *hoji* (5 km/h) med vrednostmi merilnikov Fitbit Charge HR in Polar M400 ter Fitbit Charge in SenseWear Pro3. Do statistično značilnih razlik je v večji meri prišlo pri dejavnosti *rolanje* (15 km/h) in sicer med vrednostmi merilnikov BodyMedia Core in Fitbit Charge, BodyMedia Core in Polar M400, Fitbit Charge HR in Sensewear Pro3, Fitbit One in Polar M400 ter Polar M400 in SenseWear Pro3. Med vrednostmi preostalih merilnikov ni bilo statistično značilnih

razlik. Na podlagi rezultatov statistične obdelave podatkov smo ovrgli *hipotezo 2*, saj so statistično značilne razlike med merilniki prisotne pri več dejavnostih.

Primerjali smo tudi izmerjene vrednosti porabe energije in izračunane vrednosti, pridobljene na podlagi kompendija telesnih dejavnosti. Največja razlika, med izračunanimi vrednostmi in povprečnimi izmerjenimi vrednostmi, je pri dejavnosti *hoja (5 km/h)* (-38,3 %). Najmanjša razlika pa pri dejavnosti *mirovanje*. Razen pri dejavnostih *rolanje (15 km/h)* in *kolesarjenje (20 km/h)*, so izmerjene vrednosti višje od izračunane. Najmanjši razliki med izmerjenimi in izračunanimi vrednostmi sta se pojavili pri merilnikih BodyMedia Core in SenseWear Pro³, največja razlika pa pri merilnikih Fitbit Charge HR in Fitbit One. *Hipotezo 1*, v kateri smo predvideli, da bodo s kompendijem telesnih dejavnosti najbolj skladni rezultati merilnika SenseWear Pro³, smo ovrgli.

Nazadnje smo preverili udobnost uporabe merilnikov. To smo opravili z opisom prednosti in slabosti posameznega merilnika na podlagi izkušenj, pridobljenih med izvajanjem meritev ter z izpolnitvijo vprašalnika, oblikovanega na podlagi 11 trditev, in Likertove 5-stopenjske lestvice. Ugotovili smo, da je Fitbit Charge HR najbolj udoben merilnik in tako potrdili *hipotezo 3*. Kot najmanj udoben merilnik se je izkazal BodyMedia Core.

Prednosti naše raziskave so primerjava pogosto uporabljenih merilnikov porabe energije, kot sta naprimer Fitbit Charge HR ter SenseWear Pro³, natančen pregled literature, podrobna statistična obdelava podatkov in oblikovanje vprašalnika o udobju uporabe merilnikov.

Omejitev naše raziskave je več. Porabo energije pri posameznih dejavnostih smo v vseh primerih ocenjevali na podlagi metod merjenja pospeškov, merjenja srčne frekvence in računanja z uporabo enačb. Priporočljivo bi bilo uporabiti še referenčno metodo kot je posredna kalorimetrija. Ta omejitev onemogoča primerjavo naše raziskave z raziskavami drugih avtorjev. Tudi pogoji meritev niso bili standardizirani, saj so potekali v naravnem okolju. Čas in prostor izvajanja meritev sta bila izbrana naključno. Število preizkušancev je bilo minimalno, posledično sta bila majhna tudi število meritev in količina pridobljenih podatkov.

Za prihodnost predlagamo ponovitev raziskave z vključitvijo natančne referenčne metode, kot je posredna kalorimetrija in vključitev večjega števila preizkušancev. Avtorje prihodnjih raziskav želimo povabiti k uporabi in nadgradnji vprašalnika o udobnosti uporabe merilnikov.

5 VIRI

- Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Leon, A.S., Jacobs, D.R. Jr., Montoye, H.J., Sallis, J.F., Paffenbarger, R.S. Jr. (1993). Compendium of physical activities: Classification of energy costs of human physical activities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1993(25), 71–80.
- Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Whitt, M.C., Irwin, M.L., Swartz, A.M., Strath, S.J., ... Leon, A.S. (2000). Compendium of Physical Activities: An update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2000(32), 498–516.
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes N., Bassett Junior, D. R, Tudor-Locke, C.,... Leon, A. S. (2011). Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2011(8), 1575–1581.
- Altman, D. G. in Bland, J. M. (1983). Measurement in medicine: The analysis of method comparison studies. *The Statistician*, 307-317.
- Armstrong, N. & Welsman, J. (2006). The Physical Activity Patterns of European Youth with Reference to Methods of Assessment. *Sports Medicine*, 36(12), 1067-1086.
- Atwater, W. O. in Benedict, F. G. (1983). A respiration calorimeter with appliances for the direct determination of oxygen. *Nutrition Reviews*, 41(11), 353-356.
- Bai, Y., Welk, G., Nam, Y., LEE, J.A., LEE, J., Kim, Y. idr. (2016). Comparison of Consumer and Research Monitors under Semistructured Settings. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 48(1), 151-158.
- Bates, H. (2006). *Daily Physical Activity for Children and Youth. A Review and Synthesis of the Literature*. Alberta: Alberta Education
- Boeselt, T., Spielmanns, M., Nell, C., Storre, J., Windisch, W., & Magerhans, L. et al. (2016). Validity and Usability of Physical Activity Monitoring in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). *PLOS ONE*, 11(6), e0157229.
- Bonomi, A., Plasqui, G., Goris, A., in Westerterp, K. (2009). Improving assessment of daily energy expenditure by identifying types of physical activity with a single accelerometer. *Journal Of Applied Physiology*, 107(3), 655-661.
- Brazeau, A., Beaudoin, N., Bélisle, V., Messier, V., Karelis, A., in Rabasa-Lhoret, R. (2016). Validation and reliability of two activity monitors for energy expenditure assessment. *Journal Of Science And Medicine In Sport*, 19(1), 46-50.
- Byrne, N.M., Hills, A.P., Hunter, G.R., Weinsier, R.L. in Schutz, Y. (2005). Metabolic equivalent: one size does not fit all. *Journal of Applied Physiology*, 2005(99), 1112–1119.

- Calabro, M., Lee, J., Saint-Maurice, P., Yoo, H., in Welk, G. (2014). Validity of physical activity monitors for assessing lower intensity activity in adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 11(1), 119.
- Ceesay, S., Prentice, A., Day, K., Murgatroyd, P., Goldberg, G., Scott, W., in Spurr, G. (1989). The use of heart rate monitoring in the estimation of energy expenditure: a validation study using indirect whole-body calorimetry. *British Journal of Nutrition*, 61(02), 175.
- Cunningham, J.J. (1980). A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *American Journal of Clinical Nutrition*, 33(11), 1112-1119.
- Diaz, K., Krupka, D., Chang, M., Peacock, J., Ma, Y., Goldsmith, J. idr. (2015). Fitbit®: An accurate and reliable device for wireless physical activity tracking. *International Journal Of Cardiology*, 185, 138-140.
- Eston, R.G., Rowlands, A.V., Ingledew, D.K. (1998). Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting energy cost of childrens activities. *Journal of Applied Physiology*, 84(1), 362–371.
- Ferguson, T., Rowlands, A. V., Olds, T., in Maher, M. (2015). The validity of consumer-level, activity monitors in healthy adults worn in free-living conditions: a cross-sectional study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12(1), 42–51.
- Frankenfield, D., Roth-Yousey, L., in Compher, C. (2005). Comparison of Predictive Equations for Resting Metabolic Rate in Healthy Nonobese and Obese Adults: A Systematic Review. *Journal Of The American Dietetic Association*, 105(5), 775-789.
- Garatachea, N., Torres Luque, G., in González Gallego, J. (2010). Physical activity and energy expenditure measurements using accelerometers in older adults. *Nutricion Hospitalaria*, 2010(2), 224–230.
- Garrel, D., Jobin, N., in de Jonge, L. (1996). Should we still use the Harris and Benedict equations?. *Nutrition In Clinical Practice*, 11(3), 99-103.
- Harris, J. & Benedict, F. (1918). A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 4(12), 370-373.
- Harrell, J.S., McMurray, R.G., Baggett, C.D., Pennell, M.L., Pearce, P.F., Bangdiwala, S.I. (2005). Energy costs of physical activities in children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2005(2), 329–336.
- Hasson, R., Howe, C., Jones, B., in Freedson, P. (2011). Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: Effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. *Journal Of Science And Medicine In Sport*, 14(4), 344-351.

- Henry, C. (2005). Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition*, 8(7a), 1133–1152.
- Howley, E.T. (2000). You asked for it: question authority. *ACSM'S Health & Fitness Journal*, 4(1), 6–8.
- Jo, E., Lewis, K., Directo, D., Kim, M.J. in Dolezal, B.A. (2016). Validation of Biofeedback Wearables for Photoplethysmographic Heart Rate Tracking. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2016(15), 540-547.
- Koehler, K., Braun, H., De Marées, M., Fusch, G., Fusch, C., in Schaenzer, W. (2011). Assessing Energy Expenditure in Male Endurance Athletes. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 43(7), 1328-1333.
- Kozey, S., Lyden, K., Staudenmayer, J., Freedson, P. (2010). Errors in MET Estimates of Physical Activities Using 3.5 ml·kg⁻¹·min⁻¹ as the Baseline Oxygen Consumption *Journal of Physical Activity and Health*, 2010(7), 508–516.
- Lee, J., Kim, Y., in Welk, G. (2014). Validity of Consumer-Based Physical Activity Monitors. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 46(9), 1840-1848.
- McArdle, W. D., Katch F. I. in Katch V. L. (2010). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance 7th Editon*. Baltimor: Lippincott Williams & Wilkins.
- Melzer, K., Heydenreich, J., Schutz, Y., Renaud, A., Kayser, B., & Mäder, U. (2016). Metabolic Equivalent in Adolescents, Active Adults and Pregnant Women. *Nutrients*, 8(7), 438.
- Mindell, J., Coombs, N., in Stamatakis, E. (2014). Measuring physical activity in children and adolescents for dietary surveys: practicalities, problems and pitfalls. *Proceedings Of The Nutrition Society*, 73(02), 218-225.
- Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*. (1996). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion
- Nilsson, A. (2008). *Physical activity assessed by accelerometry in children*. Örebro: Örebro University.
- Odredba o merskih enotah (2001). Uradni list RS, št. 26/01 in 109/09 (12. 4. 2001). Pridobljeno s <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ODRE1611#>
- Rachele, J., McPhail, S., Washington, T., in Cuddihy, T. (2012). Practical physical activity measurement in youth: a review of contemporary approaches. *World Journal Of Pediatrics*, 8(3), 207-216.

- Ramirez, B. E., Malmström, B. G., Winkler, J. R. in Gray, H. B. (1995). The currents of life: the terminal electron-transfer complex of respiration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(26), 11949-11951.
- Rowlands, A.V. in Eston, R.G. (2007). The measurement and interpretation of children's physical activity. *Journal of sports science & medicine*, 2007(6), 270-276.
- Schneller, M., Pedersen, M., Gupta, N., Aadahl, M., & Holtermann, A. (2015). Validation of Five Minimally Obstructive Methods to Estimate Physical Activity Energy Expenditure in Young Adults in Semi-Standardized Settings. *Sensors*, 15(3), 6133-6151.
- Sirard, J. in Pate, R. (2001). Physical Activity Assessment in Children and Adolescents. *Sports Medicine*, 31(6).
- Stahl, S., An, H., Dinkel, D., Noble, J., in Lee, J. (2016). How accurate are the wrist-based heart rate monitors during walking and running activities? Are they accurate enough?. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 2(1), e000106.
- The International System of Units (SI)* (8th edition). (2006). Bureau International des Poids et Mesures. Pridobljeno s <http://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/>
- Thompson, J. in Manore, M. (1996). Predicted and Measured Resting Metabolic Rate of Male and Female Endurance Athletes. *Journal Of The American Dietetic Association*, 96(1), 30-34.
- Vernillo, G., Savoldelli, A., Pellegrini, B., in Schena, F. (2015). Validity of the SenseWear Armband to Assess Energy Expenditure in Graded Walking. *Journal of Physical Activity and Health*, 12(2), 178-183.
- Wallen, M., Gomersall, S., Keating, S., Wisløff, U., & Coombes, J. (2016). Accuracy of HeartRate Watches: Implications for Weight Management. *PLOS ONE*, 11(5), e0154420.
- Warren, J.M, Ekelund, U., Besson, H., Mezzani, A., Geladas, N. in Vanhees, L. (2010). Assessment of physical activity – a review of methodologies with reference to epidemiological research: a report of the exercise physiology section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 2010(17), 127–139.
- Zakon o meroslovju /ZMer-1/ (2000). Uradni list RS, št. 22/2000 (10. 3. 2000). Pridobljeno s <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200526&stevilka=892>

6 PRILOGE

PRILOGA 1: Izračun porabe energije na podlagi enačb

PRILOGA 2: Ovrednotenje hipoteze 3 z vprašalnikom o udobnosti uporabe

PRILOGA 1: IZRAČUN PORABE ENERGIJE NA PODLAGI ENAČB

Podatki o preizkušancu:

- višina: 184 cm
- masa: 68 kg
- starost: 22 let

1. Poraba energije v mirovanju na dan za moške po HB enačbi (Harris in Benedict, 1918):

$$66,4730 + 13751 \times \text{telesna masa (kg)} + 5,0033 \times \text{telesna višina (cm)} - 6,7550 \times \text{starost (leta)}$$

Izračun za preizkušanca:

$$66,4730 + 13751 \times 68 + 5,0033 \times 184 - 6,7550 \times 22 = \underline{1\,723,772 \text{ kcal} \cdot \text{dan}^{-1}}$$

$$1\,723,772 \text{ kcal} \cdot \text{dan}^{-1} / 24 \text{ h} / 68 \text{ kg} = \underline{1,056 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}}$$

2. Izračun porabe energije za preizkušanca pri posamezni dejavnosti trajajoči 10 min, na podlagi intenzivnosti opredeljene v Compendium of Physical Activities (Ainsworth idr, 2011) in enačbe po Byrne idr. (2005):

$$\begin{aligned} \text{poraba energije} &= (\text{standardna vrednost} / \text{ocenjena vrednost}) \times \text{MET vrednost dejavnosti} \\ &= (1/1,056) \text{ kcal} \times \text{kg} \times \text{h} \times \text{MET vrednost} \end{aligned}$$

Izračuni za preizkušanca:

$$\text{mirovanje: } 0,947 \times 68 \times 0,1667 \times 1,3 = \underline{13,96 \text{ kCal}}$$

$$\text{hoja 5 km/h: } 0,947 \times 68 \times 0,1667 \times 3,5 = \underline{37,57 \text{ kcal}}$$

$$\text{hoja 7km/h: } 0,947 \times 68 \times 0,1667 \times 7,0 = \underline{75,14 \text{ kcal}}$$

$$\text{tek 10 km/h: } 0,947 \times 68 \times 0,1667 \times 9,8 = \underline{105,20 \text{ kcal}}$$

$$\text{rolanje 15 km/h: } 0,947 \times 68 \times 0,1667 \times 7,5 = \underline{80,51 \text{ kcal}}$$

$$\text{kolesarjenje 20 km/h: } 0,947 \times 68 \times 0,1667 \times 8,0 = \underline{85,88 \text{ kcal}}$$

Izračunana poraba energije za posamezno dejavnost		
dejavnost	MET po kompendiju	poraba E (kcal)
mirovanje	1,3	13,96
hoja 5 km/h	3,5	37,57
hoja 7km/h	7,0	75,14
tek 10 km/h	9,8	105,20
rolanje 15 km/h	7,5	80,51
kolesarjenje 20 km/h	8,0	85,88

PRILOGA 2: VPRAŠALNIK O UDOBNOSTI UPORABE MERILNIKOV

HIPOTEZA 3:

Merilnik Fitbit HR je z vidika udobnosti uporabniku najbolj prijazen.

DANE TRDITVE:

1. Merilnik je lahek.
2. Nameščanje merilnika je preprosto.
3. Merilnik ni vpadljiv, nosim ga brez dileme.
4. Videz merilnika mi je všeč, nosil/a bi ga tudi, kadar nisem športno dejaven/a.
5. Nošenje merilnika je udobno, kmalu pozabim, da ga imam na sebi.
6. Uporaba merilnika med dejavnostjo je preprosta.
7. Dostop do podatkov po koncu dejavnosti je hiter.
8. Merilnik nikdar ne zataji ali zataji poredko.
9. Prenos podatkov na računalnik je preprost.
10. Računalniški program je pregleden in razumljiv.
11. Skrb za merilnik je preprosta (polnjenje, čiščenje).

MOŽNI ODGOVORI:

- 1 – popolnoma se ne strinjam
- 2 – delno se ne strinjam
- 3 – niti se ne strinjam, niti ne-strinjam
- 4 – delno se strinjam
- 5 – popolnoma se strinjam

REZULTATI:

MERILNIK	SEŠTEVEK TOČK NA VPRAŠALNIKU
Fitbit Charge HR	48
Polar M400 + HR pas	47
Fitbit One	44
SenseWear Pro ³	32
BodyMedia Core	30

Merilnik *Fitbit Charge HR* je na vprašalniku o udobnosti uporabe zbral največje število točk. Na podlagi tega lahko sprejmemo hipotezo 3.

1. Merilnik je lahek

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

2. Nameščanje merilnika je preprosto.

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

3. Merilnik ni vpadljiv, nosim ga brez dileme.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

4. Videz merilnika mi je všeč, nosil/a bi ga tudi, kadar nisem športno dejaven/a.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

5. Nošenje merilnika je udobno, kmalu pozabim, da ga imam na sebi.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

6. Uporaba merilnika med dejavnostjo je preprosta.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

7. Dostop do podatkov po koncu dejavnosti je hiter.

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

8. Merilnik nikdar ne zataji ali zataji poredko.

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

9. Prenos podatkov na računalnik je preprost.

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

10. Računalniški program je pregleden in razumljiv.

1	2	3	4	5
---	---	----------	---	---

11. Skrb za merilnik je preprosta (polnjenje, čiščenje).

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

1. Merilnik je lahek

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

2. Nameščanje merilnika je preprosto.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

3. Merilnik ni vpadljiv, nosim ga brez dileme.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

4. Videz merilnika mi je všeč, nosil/a bi ga tudi, kadar nisem športno dejaven/a.

1	2	3	4	5
---	---	----------	---	---

5. Nošenje merilnika je udobno, kmalu pozabim, da ga imam na sebi.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

6. Uporaba merilnika med dejavnostjo je preprosta.

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

7. Dostop do podatkov po koncu dejavnosti je hiter.

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

8. Merilnik nikdar ne zataji ali zataji poredko.

1	2	3	4	5
---	----------	---	---	---

9. Prenos podatkov na računalnik je preprost.

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

10. Računalniški program je pregleden in razumljiv.

1	2	3	4	5
---	---	----------	---	---

11. Skrb za merilnik je preprosta (polnjenje, čiščenje).

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

1. Merilnik je lahek

1	2	3	4	5
---	---	----------	---	---

2. Nameščanje merilnika je preprosto.

1	2	3	4	5
---	----------	---	---	---

3. Merilnik ni vpadljiv, nosim ga brez dileme.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

4. Videz merilnika mi je všeč, nosil/a bi ga tudi, kadar nisem športno dejaven/a.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

5. Nošenje merilnika je udobno, kmalu pozabim, da ga imam na sebi.

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

6. Uporaba merilnika med dejavnostjo je preprosta.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

7. Dostop do podatkov po koncu dejavnosti je hiter.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

8. Merilnik nikdar ne zataji ali zataji poredko.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

9. Prenos podatkov na računalnik je preprost.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	----------

10. Računalniški program je pregleden in razumljiv.

1	2	3	4	5
---	---	---	----------	---

11. Skrb za merilnik je preprosta (polnjenje, čiščenje).

1	2	3	4	5
---	---	----------	---	---

1. Merilnik je lahek

1 2 3 **4** 5

2. Nameščanje merilnika je preprosto.

1 2 3 **4** 5

3. Merilnik ni vpadljiv, nosim ga brez dileme.

1 **2** 3 4 5

4. Videz merilnika mi je všeč, nosil/a bi ga tudi, kadar nisem športno dejaven/a.

1 **2** 3 4 5

5. Nošenje merilnika je udobno, kmalu pozabim, da ga imam na sebi.

1 2 **3** 4 5

6. Uporaba merilnika med dejavnostjo je preprosta.

1 **2** 3 4 5

7. Dostop do podatkov po koncu dejavnosti je hiter.

1 2 3 4 5

8. Merilnik nikdar ne zataji ali zataji poredko.

1 **2** 3 4 5

9. Prenos podatkov na računalnik je preprost.

1 2 **3** 4 5

10. Računalniški program je pregleden in razumljiv.

1 2 **3** 4 5

11. Skrb za merilnik je preprosta (polnjenje, čiščenje).

1 2 3 **4** 5

1. Merilnik je lahek

1 2 **3** 4 5

2. Nameščanje merilnika je preprosto.

1 2 3 **4** 5

3. Merilnik v javnosti ni vpadljiv, nosim ga brez dileme.

1 **2** 3 4 5

4. Videz merilnika mi je všeč, nosil/a bi ga tudi, kadar nisem športno dejaven/a.

1 2 3 4 5

5. Nošenje merilnika je udobno, kmalu pozabim, da ga imam na sebi.

1 2 **3** 4 5

6. Uporaba merilnika med dejavnostjo je preprosta.

1 2 3 **4** 5

7. Dostop do podatkov po koncu dejavnosti je hiter.

1 2 3 4 5

8. Merilnik nikdar ne zataji ali zataji poredko.

1 2 3 **4** 5

9. Prenos podatkov na računalnik je preprost.

1 2 **3** 4 5

10. Računalniški program je pregleden in razumljiv.

1 2 **3** 4 5

11. Skrb za merilnik je preprosta (polnjenje, čiščenje).

1 2 3 **4** 5