Razlike u metaboličkoj potrošnji za vrijeme oporavka nakon intervalnog i konstantnog tjelesnog opterećenja

Živković, Nada

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:573146

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme

i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Nada Živković

RAZLIKE U METABOLIČKOJ POTROŠNJI ZA VRIJEME OPORAVKA NAKON INTERVALNOG I KONSTANTNOG TJELESNOG OPTEREĆENJA

(diplomski rad)

Mentor:

prof.dr.sc. Lana Ružić

Zagreb, lipanj 2017.

Razlike u metaboličkoj potrošnji za vrijeme oporavka nakon intervalnog i konstantnog tjelesnog opterećenja

SAŽETAK

Cilj ovog rada je proučiti postoje li razlike u metaboličkoj potrošnji za vrijeme oporavka nakon provedenog desetominutnog intervalnog intenziteta i konstantnog intenziteta putem pokazatelja frekvencije srca u oporavku te procijenjene kalorijske potrošnje u oporavku te dobivene podatke prikazati. Činjenica je da se ukupna energetska kalorijska potrošnja za vrijeme rada može postići u istoj kalorijskoj vrijednosti i putem intervalnog i putem konstantnog opterećenja pa je zato u interesu produžiti utjecaj tjelesne aktivnosti i za vrijeme oporavka. Dobiveni podaci obrađeni su Studentovim t-testom za zavisne uzorke. Zaključili smo da se značajne razlike pojavljuju u varijablama procijenjene kalorijske potrošnje za vrijeme oporavka nakon intervalnog tjelesnog opterećenja u odnosu na konstantno, odnosno ostvaruje se duže trajanje ubrzanog metabolizma nakon intervalnog protokola.

Ključne riječi: metabolička potrošnja, oporavak, konstantno tjelesno opterećenje, intervalno tjelesno opterećenje, ubrzanje

Differences between metabolic consumption during recovery after high intensity intermittent exercise and sustained exercise

SUMMARY

Goal oft his thesis is to investigate if there are differences in metabolic consumption during recovery after ten minute of intermittent intensity and sustained intensity trough the indicator of heart rate during recovery and estimated caloric consumption during recovery and to present acquired data. The fact is that total caloric energy consumption during activity could be achieved in the same caloric value trough the intermittent and sustained activity so the concern is to extend the effect od physical activity during recovery. Acquired data are elaborated by Student's t-test for dependent samples. We concluded that significant differences appear in varibles of estimated caloric consumption after intermittent physical activity compared to sustained activity, apropos, it appears a longer duration of eccelerated metabolism after intermittent protocol.

Key words: metabolic consumption, recovery, sustained physical activity, intermittent physical activity, acceleration

SADRŽAJ

1.UVOD 4
2.DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA 5
3. PROBLEM I CILJ 6
4.HIPOTEZA 6
5.REZULTATI I DISKUSIJA 6
5.1. Ispitanici i metode rada 6
5.2.Rezultati 8
5.3. Metode obrade podataka 9
5.4. Provjera hipoteze 9
5.5.Diskusija 10
6.BAZALNI METABOLIZAM 12
6.1.Intenzitet metabolizma 14
6.1.1.Kalorija 14
6.2.Termogeni učinak hrane 15
6.3.Uloga simpatičke stimulacije 15
6.4.Bazalni metabolizam u sportu 16
7.MJERENJE INTENZITETA BAZALNOG METABOLIZMA 17
7.1.Izravna i indirektna kalorimetrija 18
8.SRČANO-ŽILNI SUSTAV I TJELESNA AKTIVNOST 20
9.SPORTSKI TRENING I TJELESNO OPTEREĆENJE 21
9.1.Klasifikacija metoda vježbanja prema načinu opterećivanja 21
9.1.1.Kontinuirana ili trajna metoda vježbanja 22
9.1.2.Intervalna metoda vježbanja ili metoda rada s prekidima 22
10.METABOLIČKI SUSTAVI U MIŠIĆIMA 22
10.1.Sustav fosfokreatin-kreatin 23
10.2.Sustav glikogen mliječna kiselina 24
10.3.Aerobni sustav 25
11. ZAKLJUČAK 27
12.LITERATURA 28

1.UVOD

Metabolizam uključuje unos, razgradnju, dobavljanje, apsorpciju, iskorištavanje i preradu hranjivih tvari u svrhu iskorištavanja energije za životne procese. Jednostavno rečeno, bez metabolizma prestali bi postojati. Svaka osoba ima različit metabolizam te on ovisi prvenstveno o dobi, visini, težini, stanju treniranosti i sastavu tijela, koji se primarno odnosi na udio mišićne mase i masnog tkiva. Povećan udio mišićne mase a smanjen udio masnog tkiva ima veću tendenciju potrošnje kalorija pa je to jedan od bitnih razloga zbog kojeg treneri kroz povećanje mišićne mase reguliraju tjelesnu težinu svojih klijenata. Također, metabolizam se znatno razlikuje među spolovima ali i zemljopisnom području na kojem osoba obitava iako su parametri dobi te visine i težine tijela jednaki. Tako je na primjer intenzitet bazalnog metabolizma ljudi koji žive u arktičkim područjima 10-20% veći nego kod ljudi koji obitavaju u tropskim područjima, što se objašnjava povećanim lučenjem tiroksina u hladnijim područjima. Osim različite aktivnosti hormona štitnjače, postoji još nekoliko čimbenika koji mogu utjecati na intenzitet bazalnog metabolizma a to su: muški spolni hormon koji povećava intenzitet bazalnog metabolizma, hormon rasta koji ga također povećava, vrućica koja također ima isto djelovanje, zatim spavanje i pothranjenost koji pak smanjuju intenzitet bazalnog metabolizma. Osim bazalnog metabolizma, za određivanje ukupne energetske potrošnje koriste se još dvije vrste metabolizma a to su aktivni metabolizam, koji predstavlja sve voljne energetske aktivnosti kojima je potreban rad mišića i lokomotornog sustava za potrošnju energije i termogeni učinak hrane koji se odnosi na energiju probavnog sustava koja se potroši na probavu obroka. Također, postoje određene namirnice koje stimuliraju proces termogeneze a to se odnosi prvenstveno na ljutu i začinjenu hranu. Opće je poznato da se dinamika bazalnog metabolizma mijenja usporedno s provođenjem tjelesne aktivnosti. Tako anaerobna tjelesna aktivnost ima značajniji utjecaj na metabolizam od aerobne iako ne postoji formula kojom bi se ovakav utjecaj mogao objasniti. Bazalni metabolizam kod sportaša važan je pokazatelj njihove treniranosti te prisutnost, odnosno neprisutnost trenažnog opterećenja.

Prema istraživanjima, intervalno trenažno opterećenje može izazvati slične oksidacijske adaptacije u skeletnoj muskulaturi u usporedbi s treningom izdržljivosti bez obzira na njegovo kraće trajanje i niži intenzitet rada (MacLaren, Morton, 2011). Osvrćući se na ovu tvrdnju vezanu za skeletnu muskulaturu, ona se neosporno može povezati s činjenicom koja se odnosi

na povezanost između udjela mišićne mase i bazalnog metabolizma, odnosno povećane vrijednosti njegova intenziteta pri povećanom udjelu mišićne mase. Upravo zato se kroz ovaj diplomski rad proteže cilj proučavanja utjecaja intervalnog tjelesnog opterećenja na povećan intenzitet bazalnog metabolizma i u razdoblju oporavka u odnosu na kontinuirano tjelesno opterećenje istog trajanja.

2.DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

(Broeder, C.E., Burrhus, K.A., Svanevik L.S., Wilmore, J.H.) su 1992.godine proveli istraživanje nad 47 ispitanika podijeljenih u tri različite grupe (kontrolna grupa, tretirani visoko-intenzivnim treningom s otporom i tretirani treningom izdržljivosti) u trajanju od 12 tjedana. Rezultati su pokazali da se RMR nije značajno promijenio ni kod jednog trenažnog režima te takvi rezultati pokazuju da i trening izdržljivosti i trening s otporom djeluju pri prevenciji smanjenja BMR-a koja se uočava prilikom produženih razdoblja negativnog energetskog balansa (kada je unos energije manji nego njegov utrošak).

U istraživanju koje su proveli (Giliat-Wimberly, M., Manore,M.M., Woolf, K., Swan, P.D., Carroll, S.S., 2001) na zdravim ispitanicama u premenopauzi, u dobi između 35 i 50 godina a koje su pritom podijeljene u grupu umjereno aktivnih i grupu sedentarnih, dokazano je da su tjelesna mast i masna tjelesna masa niže a da je RMR značajno viši kod aktivne grupe u usporedbi sa sedentarnom. To pokazuje da umjereno tjelesno aktivna populacija žena može održavati niži postotak tjelesne masti i viši BMR u usporedbi s tjelesno neaktivnom populacijom žena sa sličnom tjelesnom masom, udjelom nemasne mase i indeksom tjelesne mase.

Istraživanje koje su proveli (McMurray, R.G., Soares, J., Caspersen, C.J., McCurdy, T., 2014) a koji su pritom proučavali članke objavljene u razdoblju od 1980.do 2011.te uzeli u obzir 197 istraživanja koja su se odnosila na mjerenje RMR-a, pokazali su da ne postoji jedna vrijednost RMR-a koja bi vrijedila za odraslu populaciju. Prosječna vrijednost RMR-a bila je viša kod muškaraca nego kod žena, padala je s porastom dobi i bila je niža kod osoba s prekomjernom tjelesnom težinom.

3. PROBLEM I CILJ

Cilj istraživanja bio je utvrditi postoji li razlika u metaboličkoj potrošnji za vrijeme oporavka nakon provedenog desetominutnog intervalnog i konstantnog tjelesnog opterećenja putem pokazatelja frekvencije srca u oporavku te procijenjene kalorijske potrošnje u oporavku. Problem istraživanja je činjenica da se ukupna energetska kalorijska potrošnja za vrijeme rada može postići u istoj kalorijskoj vrijednosti i putem intervalnog i putem konstantnog opterećenja. Od interesa je produžiti utjecaj tjelesne aktivnosti i za vrijeme oporavka. Zbog toga se u fokus interesa stavilo pitanje može li intervalno opterećenje izazvati duže trajanje ubrzanog metabolizma u oporavku u odnosu na konstantno opterećenje istog trajanja i iste kalorijske potrošnje.

4.HIPOTEZA

Ako se ukupna energetska kalorijska potrošnja za vrijeme rada može postići u istoj kalorijskoj vrijednosti i putem intervalnog i putem konstantnog tjelesnog opterećenja, onda je u interesu produžiti utjecaj tjelesne aktivnosti i za vrijeme oporavka. Točnije, u cilju je postići duže trajanje ubrzanog metabolizma.

5.REZULTATI I DISKUSIJA

5.1. Ispitanici i metode rada

Testiranje metaboličke potrošnje izvodilo se na uzorku od 10 ispitanika, dobi između 20 i 30 godina. Ispitanici su najprije bili podvrgnuti desetominutnom mjerenju metaboličke potrošnje za vrijeme mirovanja, odnosno mjerenju kretanja frekvencije srca i procijenjene kalorijske potrošnje na temelju frekvencije srca. Nakon toga bi pristupili konstantnom tjelesnom opterećenju u trajanju od 10 minuta, koje bi izvodili submaksimalnim intenzitetom od 75%. Po završetku izvođenja tjelesnog opterećenja, ispitanici su proveli 15 minuta u fazi odmora te su nakon isteka tog vremena ponovo bili podvrgnuti desetominutnom mjerenju frekvencije

srca i procijenjene kalorijske potrošnje. Nakon vremenskog razmaka od 4 dana, ispitanici su pristupili ponovljenom mjerenju prilikom čega su uvjeti mjerenja u mirovanju i oporavku nakon tjelesnog opterećenja bili jednaki dok je vrsta samog tjelesnog opterećenja bila promijenjena te su ispitanici provodili intervalno tjelesno opterećenje, također u trajanju od 10 minuta. Pritom, intervali su se izmjenjivali s jedne minute na 30 sekundi, pri čemu su ispitanici jednu minutu trčali umjerenim intenzitetom od 50% te nakon toga 30 sekundi maksimalnim intenzitetom od 95% i tako do isteka 10 minuta. Također, važno je napomenuti da su ispitanici bili pod određenim režimom prehrane prilikom čega su u dane testiranja jeli iste namirnice i to minimalno 3 sata prije testiranja. Testiranje je provedeno u razmaku od 3 do 6 dana radi odmora i oporavka organizma. Prema (Milanović, 2013), glavne funkcije razdoblja odmora i procesa oporavka jesu:

- normalizacija bioloških funkcija,
- uspostava homeostatske ravnoteže,
- obnavljanje energetskih rezerva s postizanjem stanja privremene superkompenzacija,
- postizanje rekonstrukcijskih učinaka u odnosu na mikrotraume osjetljivih staničnih struktura.

Treba napomenuti i da su za normalizaciju bioloških funkcija i uspostavu homeostatske ravnoteže potrebne minute ili sati dok je za drugo dvoje navedeno potrebno oko tri dana.

5.2.Rezultati

Tablica 1. Osnovni deskriptivni pokazatelji i rezultati Student t testa za zavisne uzorke i Wilkoxonovog testova parova za vrijednosti varijabli u dva protokola

Varijable	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	t-vrijednost/Z-vrijednost	p-vrijednost
KONFSmir	81.80	15.37	61.00	107.00	0.194	0.850
INTFSmir	80.90	10.66	63.00	99.00		
KONFSrad*	167.0000	14.32946	130.00	180.00	-2.670	**0.008**
INTFSrad*	178.0000	8.60233	160.00	190.00		
KONFSopor	95.9000	10.64007	78.00	112.00	-1.387	0.199
INTFSopor	100.0000	15.04807	79.00	129.00		
KONkcalmir	24.1000	10.33280	15.00	50.00	-2.153	0.060
INTkcalmir	25.8000	10.65416	15.00	50.00		
KONkcalopor*	38.8000	11.90518	25.00	66.00	-2.814	**0.005**
INTkcalopor*	47.8000	19.84271	28.00	92.00		

*označava korištenje Wilkoksonovog sign-rank testa

P<0.05

Legenda:

KONFSmir – frekvencija srca u mirovanju prije konstantnog tjelesnog opterećenja

INTFSmir – frekvencija srca u mirovanju prije intervalnog tjelesnog opterećenja

KONFSrad – frekvencija srca pri konstantnom tjelesnom opterećenju

INTFSrad – frekvencija srca pri konstantnom tjelesnom opterećenju

KONFSopor – frekvencija srca u oporavku nakon konstantnog tjelesnog opterećenja

INTFSopor – frekvencija srca u oporavku nakon intervalnog tjelesnog opterećenja

KONkcalmir – procijenjena potrošnja kalorija u mirovanju prije konstantnog tjelesnog opterećenja

INTkcalmir – procijenjena potrošnja kalorija u mirovanju prije intervalnog tjelesnog opterećenja

KONkcalopor – procijenjena potrošnja kalorija u oporavku nakon konstantnog tjelesnog opterećenja

INTkcalopor – procijenjena potrošnja kalorija u oporavku nakon intervalnog tjelesnog opterećenja

5.3. Metode obrade podataka

Osnovni deskriptivni (opisni) parametri uzorka prikazani su u tablici 1. Za prikaz osnovnih podataka, korištene su aritmetičke sredine i standardne devijacije, te minimalne i maksimalne vrijednosti rezultata. Zvijezdicom su označene varijable koje nisu normalno distribuirane (to smo dobili koristeći Kolmogorov-Smirnov test), te smo zbog toga za utvrđivanje razlika unutar jedne druge, ali u dva mjerenja koristili Wilkoksonov test. Za normalno distribuirane varijable smo korisitli Student t-test za zavisne uzorke.
Statistička značajnost se postavila na $p<0.05$ i bila je dvostrana. Sve analize su napravljene u statističkom programu SPSS. ver. 23.

5.4. Provjera hipoteze

Na temelju obrađenih podataka vidljivo je da u varijablama frekvencije srca u mirovanju prije konstantnog i intervalnog tjelesnog opterećenja, varijablama frekvencije srca u oporavku nakon intervalnog i konstantnog tjelesnog opterećenja te procijenjenoj kalorijskoj potrošnji u mirovanju prije intervalnog i konstantnog tjelesnog opterećenja nema značajne razlike između dva protokola testiranja (p-vrijednost > 0.05). Suprotno tome, u varijablama frekvencije srca za vrijeme intervalnog i konstantnog tjelesnog opterećenja te varijablama procijenjene kalorijske potrošnje za vrijeme oporavka nakon intervalnog i konstantnog tjelesnog opterećenja postoje značajne razlike između dva protokola testiranja (p-vrijednost < 0.05).
Aritmetička sredina značajno je veća u odnosu na varijablu procijenjene kalorijske potrošnje za vrijeme oporavka nakon konstantnog protokola, točnije, vrijednost aritmetičke sredine za procijenjenu kalorijsku potrošnju za vrijeme oporavka nakon intervalnog tjelesnog opterećenja je 47.8000 dok je vrijednost aritmetičke sredine za varijablu procijenjene kalorijske potrošnje nakon konstantnog tjelesnog opterećenja 38.8000.
Standardna devijacija je također pokazala značajnu razliku između varijabli procijenjene kalorijske potrošnje za vrijeme oporavka nakon intervalnog i nakon konstantnog protokola, točnije, standardna devijacija procijenjene kalorijske potrošnje u oporavku nakon intervalnog tjelesnog opterećenja iznosi 19.84271 i predstavlja značajnu razliku u odnosu na vrijednost od

11.90518 standardne devijacije kod varijable procijenjene kalorijske potrošnje u oporavku nakon konstantnog tjelesnog opterećenja.
Prema tome, značajne razlike dobivene samo između varijabli frekvencije srca pri intervalnom i konstantnom protokolu te između varijabli procijenjene kalorijske potrošnje za vrijeme oporavka nakon intervalnog i konstantnog protokola.

5.5.Diskusija

Provedenim istraživanjem nad deset ispitanika u dobi od 20 do 30 godina, koji su pritom na različitoj razini treniranosti i pod utjecajem različitih trenažnih opterećenja, ili su pak u dužoj fazi nepostojanja bilo kakvog trenažnog opterećenja, pretpostavka o zadržavanju ubrzanog metabolizma nakon desetominutnog intervalnog tjelesnog opterećenja u odnosu na konstantno pokazala se točnom kod svih deset ispitanika. Na temelju obrađenih podataka, statistički značajna razlika se očekivano pojavila u varijablama frekvencije srca za vrijeme intervalnog i konstantnog tjelesnog opterećenja te u varijablama procijenjene kalorijske potrošnje za vrijeme oporavka nakon intervalnog i konstantnog protokola. Pregledom dobivenih rezultata u navedenim varijablama, vrijednosti aritmetičke sredine i standardne devijacije u varijabli procijenjene kalorijske potrošnje za vrijeme drugog, intervalnog protokola pokazale su značajnu razliku u odnosu na prvi, kontinuirani protokol. Prema tome, značajne razlike dobivene samo između varijabli frekvencije srca pri intervalnom i konstantnom protokolu te između varijabli procijenjene kalorijske potrošnje za vrijeme oporavka nakon intervalnog i konstantnog protokola.

Bazalni metabolizam u ukupnoj metaboličkoj potrošnji ima najveći omjer, 60-70% što je vrlo značajno u odnosu na 20-30% aktivnog metabolizma te samo 6-10% termogeneze od probave obroka (Šajina, 2014). Ovakav omjer vidno pokazuje da najveći dio energije trošimo na održavanje osnovnih životnih funkcija čije zakidanje na energiji tjera organizam u neracionalne načine opskrbe energije koji zamaraju i dugoročno iscrpljuju njegov energetski sustav. Postotak pretilih ljudi povećava se iz dana u dan. Primjerice, u Americi je 2010.godine oko 60% odrasle populacije imalo prekomjernu tjelesnu težinu ili je bilo pretilo (Hurt, Kulisek, Buchanan, McClave, 2010). Danas postoji nebrojeno mnogo dijeta koje imaju limit dnevnog kalorijskog unosa i ne uključuju tjelesnu aktivnost, što bi zapravo i bilo teško izvedivo s obzirom na deficit potrebne energije. Sve dijete koje podrazumijevaju restriktivan

unos hrane zapravo će usporiti metabolizam jer će tijelo težiti ka očuvanju energije. Istraživanjima je utvrđeno da unos od samo 800 kcal kod nekih dijeta smanjuje bazalni metabolizam za 10%.

Pri oporavku metaboličkih sustava nakon mišićnog rada, energija iz fosfokreatina može se upotrijebiti za obnovu ATP-a, energija iz sustava glikogen-mliječna kiselina može upotrijebiti za obnovu već navedenog sustava i ATP-a te se energija iz oksidacijskog metabolizma može upotrijebiti za obnovu svih već navedenih sustava, što podrazumijeva ATP, fosfokreatin i sustav glikogen-mliječna kiselina. Mliječna kiselina uzrokuje veliki zamor mišića i zbog toga je njezino uklanjanje važno. Prema (Guyton i Hall, 2017), kad je dostupna odgovarajuća količina energije iz oksidacijskog metabolizma, mliječna kiselina uklanja se na dva načina:

- Mala količina ponovo se pretvara u pirogrožđanu kiselinu, koja se tada metabolizira oksidacijom u svim tkivima u tijelu;
- Ostatak mliječne kiseline ponovo se pretvara u glukozu a glukoza služi za obnovu zaliha glikogena u mišićima.

Oporavak aerobnog sustava nakon mišićnog rada podrazumijeva obnovu glikogenskih zaliha u mišićima te dug kisika. Obnova mišićnog glikogena često zahtijeva i po nekoliko dana, za razliku od obnove fosfagenskog sustava ili sustava mliječne kiseline koji zahtijevaju mnogo manje vremena. Obnova istog također uvelike ovisi o prehrambenim navikama osobe pri čemu se ističe važnost ugljikohidrata. Upravo pri takvoj prehrani oporavak nastaje za oko 2 dana dok kod osoba čija prehrana podrazumijeva isključivo masti ili bjelančevine taj proces potraje i više od 5 dana. Iz tih usporedbi vidimo da je za sportaša važno da: prije napornog natjecanja jede hranu bogatu ugljikohidratima i da ne obavlja 48 sati prije natjecanja intenzivan mišićni rad (Guyton i Hall, 2017). Aerobni sustav, odnosno aerobni metabolizam iskoristi sav pohranjeni kisik za naporan mišićni rad otprilike za jednu minutu. Međutim, nakon završetka tog mišićnog rada čovjek i dalje troši velike količine kisika bar još nekoliko minuta ili čak sat vremena; pohranjene količine kisika se moraju obnoviti udisanjem veće količine kisika od one koja je nužna za normalne potrebe. Te dodatne količine kisika iskorištavaju se za: pretvorbu mliječne kiseline koja se nakupila tijekom mišićnog rada natrag u glukozu, pretvorbu ADP i AMP u ATP, pretvorbu kreatina i fosfata u fosfokreatin, ponovno uspostavljanje normalnih koncentracija kisika vezanog za hemoglobin i mioglobin te povećanje koncentracije u plućima na normalnu vrijednost. Taj se dodatni volumen kisika od ukupno 11,5 L, koji se mora „otplatiti“ naziva dugom kisika (Guyton i Hall, 2017) te

predstavlja 9,5 dodatnih L kisika koje su potrebne za gore navedene procese s obzirom da je u tijelu normalno pohranjeno oko 2L kisika koji se može iskoristiti pri aerobnom metabolizmu.

6.BAZALNI METABOLIZAM

Ljudsko tijelo konstantno troši energiju bez obzira bavimo li se u tom trenutku nekom vrstom aktivnosti ili ne. Isto tako mora odnekud prikupiti dovoljno energije za održavanje vitalnih funkcija i obavljanje svakodnevnih aktivnosti. Neki procesi u tijelu obavljaju se bez naše kontrole; srce mora kucati, mišići se moraju kontrahirati i opuštati, bubrezi moraju filtrirati krv itd. Za razliku od autonomnih radnji postoje i procesi koji zahtijevaju voljnu upotrebu energije; moramo pokrenuti mišiće da bismo sjeli na stolicu. Mjerna jedinica za svu tu energiju su kalorije. Prema tome, metabolizam bi označavao kalorijsku sumu svih kemijskih procesa, voljnih i automatskih, koji koriste energiju kako bi se sam proces uopće i dogodio. Bazalni metabolizam (BMR – basal metabolic rate) označava minimalnu razinu energije koja je potrebna za održavanje vitalnih tjelesnih funkcija u stanju odmora. Pritom odmor predstavlja odsustvo bilo kakve tjelesne aktivnosti što znači da se energija koristi za održavanje rada vitalnih organa, srca, pluća, živčanog sustava, bubrega, crijeva, mišića, reproduktivnih organa i kože. Ta minimalna količina energije koja je čovjeku potrebna za opstanak naziva se intenzitet bazalnog metabolizma i na nju otpada 50 do 70% dnevnog utroška energije u većine osoba koje provode sjedilački način života (Guyton i Hall, 2017). Najveći potrošač energije u stanju mirovanja je jetra (oko 27%), zatim mozak (19%), mišići (18%), bubrezi (10%), pluća (9%) i srce (7%). Izražavajući ove vrijednosti u kalorijama, prosječan odrasli muškarac tjelesne u jednom danu potroši između 8350 i 9400 kJ energije a da pritom uglavnom sjedi. Varijacije se pojavljuju s dodatnim aktivnostima čovjeka koje se u ovom slučaju odnose na proces uzimanja i prerade hrane, koje će povećati količinu dnevno potrošene energije. Dnevne tjelesne aktivnosti zauzimaju oko 25% ukupnog dnevnog utroška energije, međutim, i ovdje postoje varijacije koje su uzrokovane samom vrstom tjelesne aktivnosti te naporom prilikom obavljanja iste. Primjerice, radnik koji obavlja teško tjelesni rad može u 24 sata utrošiti čak 25000 do 29300 kJ energije, što je 3,5 puta više od energije potrošene u uvjetima bez tjelesne aktivnosti (Guyton Hall, 2017). Stopa bazalnog metabolizma i stopa metabolizma u odmoru (Resting metabolic rate – RMR) se vrlo često smatraju potpuno istim pojmom, međutim postoje razlike u restriktivnosti uvjeta mjerenja, od

ustanove, sna, posta itd. Ukupan iznos kalorija koje pojedinac sagori u jednom danu poznat je kao ukupna dnevna potrošnja energije (total daily energy expenditure – TDEE) a polazi od nekoliko izvora uključujući RMR, termogeni učinak hrane (thermogenic effect of food – TEF), nesvjesna tjelesna aktivnost (non-exercise activity thermogenesis – NEAT), povećana potrošnja kisika nakon vježbanja (excess post-exercise oxygen comsumption – EPOC) i naravno, tjelesno vježbanje (exercise – EX). Prema tome: TDEE = RMR + TEF + NEAT + EPOC + EX. RMR zauzima najveći udio u našem metabolizmu, oko 75% ukupne dnevne potrošnje energije, on podrazumijeva sve automatske procese u tijelu koje nas održavaju na životu: probavni, kardiovaskularni i hormonski sustav, regulaciju tjelesne temperature itd. BMR računamo kao 60-70% od dnevne potrošnje energije tijela (Lighton, 2008). Na bazalni metabolizam utječe dob pa je tako u mladosti BMR viši a u starosti niži. Zatim utječe i visina, viši ljudi imaju viši BMR. Djeca i trudnice imaju viši BMR (Sally Ede i dr., 2013). Bazalni metabolizam tijekom rasta je najmanje dvostruk nego kod odraslog organizma (Richet 1889; Rubner 1916; Brody 1945, Holluday et al.1967; vlastiti prijevod). Povišena temperatura znači povećani BMR (Schmidt, Nielsen 1997) dok glad i deficit kalorijskog unosa snižavaju razinu BMR-a (Hastings, Moruppa i dr 1997). Prehrana je vrlo važna za održavanje metabolizma aktivnim pri čemu je osobito važan dnevni unos odgovarajuće količine bjelančevina (Selman, Lumsden i dr. 2001). Naime, bjelančevine su neophodne za obnavljanje mišića koji u tijelu troše najviše kalorija te organizam za probavu bjelančevina koristi znatno veću količinu energije nego primjerice za razgradnju ugljikohidrata i masnoća. Također, razlike u bazalnom metabolizmu na temelju spola djelomično se objašnjavaju povišenom oksidacijom lipida a smanjenom oksidacijom ugljikohidrata kod žena u odnosu na muškarce. Postoji nekoliko jednadžbi za izračunavanje BMR-a a razlikuju se u pouzdanosti te izračunavaju bazalni metabolizam prema antropometrijskim karakteristikama. Najjednostavnija okvirna metoda mjerenja bazalnog metabolizma izvodi se pomoću jednadžbe koja glasi: BMR = tjelesna težina (kg) x 20 kcal. Nešto pouzdanija metoda mjerenja BMR-a je Harris-Benedictova koja glasi: -za odraslog muškarca: BMR (RMR) = 66,473 + 13,752 x tjelesna masa (kg) + 5,003 x tjelesna visina (cm) – 6,755 x dob(godine); - za odraslu ženu: BMR (RMR) = 665, 096 + 9,563 x tjelesna masa (kg) + 1,850 x tjelesna visina (cm) – 4,676 x dob (godine). Kod povećane tjelesne mase koristi se Mifflin-St.Jeorova jednadžba koja glasi: -za muškarce: BMR(RMR) 10x tjelesna masa (kg) + 6,25 x tjelesna visina(cm) – 5x dob(godine) + 5; -za žene: BMR(RMR) = 10 x tjelesna masa (kg) + 6,25 x tjelesna visina(cm) – 5 x dob(godine) - 161. Katch-McCadleova jednadžba služi za mjerenje metabolizma prema sastavu tijela i glasi:

BMR = 370 + (21,6 x BTM) (BTM – bezmasna tjelesna masa). Još preciznija jednadžba od navedene je Cunnighamova koja glasi: BMR = 500 + (22 x BTM).

6.1.Intenzitet metabolizma

S obzirom da metabolizam čine sve kemijske reakcije u tijelu, prema (Guyton i Hall, 2017), intenzitet metabolizma obično izražavamo količinom topline oslobođene u tijeku kemijskih reakcija. Toplina je završni proizvod gotovo cjelokupne energije oslobođene u tijelu. I u najpovoljnijim uvjetima iskorištavanje energije iz hranjivih tvari u funkcionalnim sustavima nije veće od 27% (Guyton i Hall, 2017). Međutim, čak i kada stanice imaju na raspolaganju navedenih 27% opet se većina te količine pretvori u toplinu jer primjerice, velik dio energije koja je potrebna za mišićni rad iskorištava se svladavanje viskoznosti samih mišića kako bi se udovi uopće mogli pomaknuti; viskoznost pak uzrokuje trenje u mišićima pri čemu se stvara toplina. Time se gotovo sva energija koja je potrošena u tijelu pretvara se u toplinu, osim kada mišići obavljaju rad izvan tijela a primjer za to je hodanje stubama pri čemu se stvara potencijalna energija. Potencijalna energija predstavlja energiju koju posjeduje neko tijelo zbog svog položaja u prostoru te prelaskom tijela u novi položaj ona može prijeći u kinetičku energiju tijela ili izvršiti određeni rad. U navedenom slučaju, djelovat će masa tijela protiv sile teže.

6.1.1.Kalorija

Za kvantitativnu raspravu o intenzitetu metabolizma i o srodnim zbivanjima u tijelu nužno je upotrijebiti neku jedinicu koja izražava količinu energije oslobođene iz različitih hranjivih tvari ili potrošene za pojedine djelatne procese u tijelu; kilokalorija (kcal) je jedinica koja se najčešće rabi u tu svrhu (Guyton i Hall, 2017). Jedinica kilokalorija se obično upotrebljava za izražavanje metaboličke energije u tijelu a ona je jednaka 1000 kalorija. Kalorija (cal) predstavlja količinu topline koja je potrebna da se jednom gramu vode temperatura povisi za 1°C te je ona premala jedinica da bi se njome mogla izraziti količina energije u tijelu. Ipak, u novom međunarodnom sustavu mjernih jedinica umjesto navedenih jedinica rabi se džul (J), odnosno kilodžul (kJ), pa prema tome 1 kcal iznosi 4,1868 kJ. Čimbenici koji utječu na utrošak energije prema (Guyton i Hall, 2017), kod zdrave odrasle osobe koja održava svoju

tjelesnu masu stalnom, unos energije jednak je njezinom izdavanju. Utrošak energije može se razdijeliti u različite mjerljive odjeljke a oni uključuju energiju potrebnu za:

- odvijanje osnovnih metaboličkih zadaća u tijelu (intenzitet bazalnog metabolizma)
- obavljanje različitih tjelesnih aktivnosti, što uključuje svrhovitu tjelesnu aktivnost i nesvjesnu aktivnost
- probavu, apsorpciju i preradu hranjivih tvari te
- održavanje tjelesne temperature .

6.2.Termogeni učinak hrane

Termogeni učinak hrane podrazumijeva povećanje intenziteta bazalnog metabolizma zbog različitih kemijskih reakcija u svezi s probavom, apsorpcijom i pohranjivanjem hrane u tijelu a koji troše energiju i oslobađaju toplinu (Guyton i Hall, 2017). Na termogeni učinak hrane otpada otprilike 8% dnevnog utroška energije. Od svih hranjivih tvari, bjelančevine imaju specifično dinamično djelovanje na intenzitet metabolizma. To znači da se intenzitet metabolizma nakon uzimanja hrane koja sadrži veće količine bjelančevina počinje povećavati 1 sat poslije obroka te ostaje tako povećan 3 do 12 sati. Najveća vrijednost koju može dosegnuti je 30% veća od normalne vrijednosti, što je itekako značajno u odnosu na povećanje bazalnog metabolizma za 4% nakon uzimanja hranjivih tvari koje imaju veće količine masti ili ugljikohidrata.

6.3.Uloga simpatičke stimulacije

Toplina je glavni nusproizvod metabolizma. Prema (Guyton i Hall, 2017), više je čimbenika koji određuju veličinu stvaranja topline, što nazivamo intenzitetom metabolizma tijela a oni su:

- veličina bazalnog metabolizma svih tjelesnih stanica,
- dodatno povećanje metabolizma izazvano mišićnom aktivnosti, u što se ubrajaju i mišićne kontrakcije izazvane drhtanjem,
- dodatno povećanje metabolizma zbog staničnih učinaka tiroksina,

- dodatno povećanje metabolizma zbog staničnih učinaka adrenalina, noradrenalina i simpatičke stimulacije,
- dodatno povećanje metabolizma izazvano pojačanom kemijskom aktivnošću samih stanica, posebice zbog porasta stanične temperature,
- dodatni metabolizam potreban za probavu, apsorpciju i pohranu hrane (TEF).

Drhtanje je regularni način stvaranja topline povećanjem mišićne aktivnosti kao odgovor na izloženost hladnoći (Guyton i Hall, 2017). Mehanizam termogeneza bez drhtanja također može u prisustvu hladnoće stvoriti toplinu i to putem simpatičkog živčanog sustava koji kroz otpuštanje adrenalina i noradrenalina oslobađaju istu. Novorođenčad na primjer posjeduju velike količine smeđa masti, koja predstavlja vrstu masnih stanica te u istima aktivacija simpatikusa može osloboditi velike količine topline. Ovakvom termogenezom se djetetov metabolizam može povećati i za 100%, dok kod odraslih osoba, koje gotovo da i ne posjeduju ovakva masna tkiva, vrijednost ove termogeneze je vjerojatno oko 15% ili manja.

6.4.Bazalni metabolizam u sportu

Bazalni metabolizam upućuje na stanje treniranosti sportaša (Poehlman i dr., 1988). Njegove niske vrijednosti u sportaša ukazuju prisutnost dužeg perioda slabijeg trenažnog opterećenja, odnosno slabu kondicijsku pripremljenost sportaša, dok povišene vrijednosti RMR-a u sportaša ukazuju na fazu intenzivnog trenažnog opterećenja i to osobito na bazičnu i višestranu pripremu. Kao što je već navedeno da prehrana znatno utječe na stopu RMR-a, njegove vrijednosti ukazuju na istu kod sportaša; promjenama u sastavu tijela ukazuje se na smanjeni udio masnog tkiva koje često predstavlja suvišnu balastnu masu (Johnston i dr. 2005).

7.MJERENJE INTENZITETA BAZALNOG METABOLIZMA

Veliki napredak u mjerenju bazalnog metabolizma desio se sredinom 20.stoljeća kada su se pojavili analizatori plinova koji su bili posebno osjetljivi na kisik i ugljikov dioksid. Prema (Guyton i Hall, 2017), uobičajeni postupak određivanja intenziteta bazalnog metabolizma je mjerenjem potrošnje kisika tijekom određenog vremenskog razdoblja, uz sljedeće uvjete:

- ispitanik prije mjerenja ne smije jesti najmanje 12 sati,
- intenzitet bazalnog metabolizma mjeri se nakon mirno prospavane noći,
- Ispitanik ne smije obavljati teži mišićni rad najmanje 1 sat prije početka mjerenja,
- moraju se ukloniti svi psihički i fizički čimbenici koji uzbuđuju ispitanika,
- temperatura zraka mora biti ugodna, dakle između 20 i 27°C,
- ispitanik ne smije obavljati nikakvu tjelesnu aktivnost tijekom mjerenja.

Iako se energija bazalnog metabolizma uglavnom troši za održavanje vitalnih funkcija, razlike u vrijednosti njegova intenziteta javljaju se zbog količine mišićne mase i veličine tijela. Prugasto mišićje i u mirovanju iskorištava 20 do 30% bazalnog metabolizma i zbog toga se pri određivanju intenziteta bazalnog metabolizma obično uzimaju u obzir i razlike u veličini tijela, pa se bazalni metabolizam izražava u kJ na sat po m2 tjelesne površine a površina se izračunava iz vrijednosti visine i tjelesne mase ispitanika (Guyton i Hall, 2017).

Prema (Guyton i Hall, 2017), još je čimbenika koji mogu utjecati na intenzitet bazalnog metabolizma a oni su:

„Hormon štitnjače – povećava intenzitet metabolizma; intenzitet metabolizma može se povećati za 50 do 100% iznad normalnih vrijednosti u slučaju maksimalnog izlučivanja tiroksina. Suprotno tome, pri prestanku lučenja tiroksina intenzitet metabolizma smanjuje se na 40 do 60% normalne vrijednosti. Objašnjenje leži u tome što tiroksin povećava brzinu kemijskih reakcija u mnogim stanicama i tako povećava intenzitet bazalnog metabolizma. Također, štitnjača u hladnijim područjima luči više hormona nego u toplim pa je ova činjenica djelomično odgovorna za razlike u intenzitetu metabolizma stanovnika različitih zemljopisnih područja. Primjerice, intenzitet bazalnog metabolizma stanovnika koji žive u arktičkim područjima je 10 do 20% veći nego kod ljudi koji žive u tropskim područjima;

Muški spolni hormon – povećava intenzitet metabolizma; testosteron može povećati intenzitet metabolizma za 10 do 15% dok ženski spolni hormoni metabolizam mogu povećati vrlo malo, čak beznačajno. Učinak spolnog hormona može se velikim dijelom pripisati njegovu anaboličkom učinku na povećanje mišićne mase.

Hormon rasta – povećava intenzitet metabolizma tako što pospješuje stanični metabolizam i povećava masu prugastog mišićja. U odraslih s manjkom hormona rasta, nadomjesno liječenje može povećati intenzitet metabolizma za oko 20%.

Vrućica – povećava intenzitet metabolizma; vrućica povećava brzinu kemijskih reakcija u tijelu prosječno 120% na svakih povišenih 10°C.

Spavanje- smanjuje intenzitet metabolizma; pri spavanju se intenzitet metabolizma smanjuje 10 do 15% a uzrok tome su smanjeni tonus prugastih mišića za vrijeme spavanja te smanjena aktivnost središnjeg živčanog sustava.

Pothranjenost – smanjuje intenzitet metabolizma; pothranjenost može smanjiti intenzitet metabolizma za 20 do 30% što je posljedica manjka hranjivih tvari u stanicama. U završnim stadijima mnogih bolesti se zbog iscrpljenosti smanji intenzitet metabolizma pa se temperatura tijela prije smrti može spustiti i za nekoliko stupnjeva.“

7.1.Izravna i indirektna kalorimetrija

U sportskoj dijagnostici se za određivanje RMR-a koristi postupak koji se zove indirektna kalorimetrija te ona učinkovito daje uvid u stanje i razinu treniranosti sportaša i njegovo metaboličko stanje. Indirektna kalorimetrija veže se uz pojam energijski ekvivalent kisika te ona procjenjuje energetsku potrošnju preko potrošnje kisika i prekomjernog stvaranja ugljikovog dioksida u definiranom vremenu. Putem kisika se intenzitet metabolizma može prilično precizno izračunati s obzirom da više od 95% energije potrošene u tijelu potječe iz reakcija kisika s hranjivim tvarima. Utroškom 1l kisika za oksidaciju glukoze oslobodi se 20,98 kJ energije; za oksidaciju škroba 21,19 kJ energije; za oksidaciju masti 19,68 kJ energije te za oksidaciju bjelančevina 19,26 kJ energije. Prema ovome, uz utrošak jedne litre kisika oslobađa se gotovo jednaka količina energije bez obzira na vrtu hranjive tvari koja je sudjelovala u oksidaciji. Dakle, u tijelu se po litri potrošenog kisika oslobodi prosječno oko 20,2 kJ energije što se zove energijski ekvivalent kisika (Guyton i Hall, 2017). Međutim,

postoje i mala odstupanja koja ovise o prehrambenim navikama ispitanika. Ukoliko u vrijeme ispitivanja osoba za snabdijevanje energijom iskorištava samo ugljikohidrate, tada će izračunata vrijednost količine oslobođene energije biti 4% manja od stvarne količine. Ukoliko osoba energiju dobiva isključivo metaboliziranjem masti, tada će izračunata vrijednost biti za 4% veća nego što zapravo jest. Varijable koje se dobivaju ovom metodom jesu: količina dobivenog ugljikovog dioksida i utrošenog kisika, relativni doprinos masti i ugljikohidrata u ukupnoj energetskoj potrošnji, stopa utroška energije u stabilnom stanju organizma i kalorijska vrijednost utrošene energije. Uređaj za analizu plinova registrira promjene u sastavu plinova između udaha i izdaha koja je mjera potrošnje istih te se mjeri količina kisika koju je iskoristilo tijelo u određenom vremenskom periodu. Količina utrošenog kisika proporcionalna je količini otpuštene topline nastale oksidacijom hrane (McCarter i dr., 1989). Primitak kisika iskazuje se kao: apsolutni primitak kisika koji se koristi za prikazivanje ukupnog utroška energije te relativni primitak kisika koji se koristi radi boljeg određivanja razine treniranosti i usporedbe pojedinaca različitih tjelesnih težina. Primjerice, osoba tjelesne težine od 70 kg u stanju mirovanja potroši oko 3,5 ml O2 po kilogramu tjelesne težine, tj oko 0,25 l O2 po minuti. Vrijednost koja se koristi kao jedinica energetske potrošnje zove se metabolička jedinica – MET (1 MET = 3,5 ml O2 x min-1 x kg-1). Prema tome, u jednom danu osoba potroši oko 360 l O2, odnosno oko 1600 kcal za bazalni metabolizam. Vrijednosti bazalnog metabolizma su kod sportaša povećane zbog svakodnevnih treninga i procesa oporavka uzrokovanog transformacijskim procesom (Ribeyre i dr., 2000). Intenzitet metabolizma cijelog tijela, ukoliko osoba ne obavlja neki vanjski rad, može se odrediti postupkom koji se zove izravna kalorimetrija, odnosno, mjerenjem topline oslobođene iz tijela. Kako bismo indirektnom kalorimetrijom odredili intenzitet metabolizma, ispitanik se smjesti u zračnu komoru iz koje se zbog dobre izoliranosti toplina ne može izgubiti te se mjeri količina topline koja se iz tijela oslobađa u kalorimetar. Uz pomoć topline koja nastaje u tijelu ispitanika zrak se zagrijava ali isti taj zrak se protiskuje kroz cijevi u laboratorijskoj napravi s hladnom vodom pa temperatura zraka ipak ostaje nepromijenjena. Tako je prirast topline u navedenoj vodenoj kupelji jednak količini topline koja je oslobođena iz tijela ispitanika.

8.SRČANO-ŽILNI SUSTAV I TJELESNA AKTIVNOST

„Prilikom tjelesne aktivnosti dolazi do povećanja frekvencije srca i/ili udarnog volumena, povećanja minutnog volumena srca i protoka krvi ali razina povećanja istih ovisi o vrsti, trajanju i intenzitetu aktivnosti. Pri laganom i umjerenom dinamičnom opterećenju, na samom početku aktivnosti dolazi do povećanja minutnog volumena srca, koji raste na osnovi povećanja i frekvencije srca i udarnog volumena. Već za dvije do tri minute dolazi do stabilizacije vrijednosti tih pokazatelja, što znači da zapravo energetska opskrba u potpunosti zadovoljava energetske potrebe. Za vrijeme tjelesne aktivnosti, kako se znatno povećava potreba za kisikom u aktivnoj muskulaturi, tako se znatno povećava i protok krvi. Pri dugotrajnom, ali još uvijek submaksimalnom radu promjene minutnog volumena srca vrlo su slične kao i pri laganom dinamičnom opterećenju, ali se stabilno stanje postiže na višoj razini jer su energetske potrebe veće. Na početku ovo je povećanje rezultat porasta i udarnog volumena i frekvencije srca. Međutim, nakon tridesetak minuta aktivnosti, udarni se volumen postupno počinje smanjivati. Razlog treba potražiti u procesima vezanima uz termoregulaciju: smanjenje volumena plazme i preusmjeravanje krvi u potkožno tkivo da bi se odstranila suvišna toplina. Stalno povećanje intenziteta u dinamičkom opterećenju dovodi do gotovo linearnog povećanja minutnog volumena srca približno do 40-50% opterećenja. Ovo povećanje je posljedica povećanja i udarnog volumena srca i frekvencije srca. Međutim, nakon toga porast je vezan isključivo uz povećanje frekvencije srca jer se udarni volumen stabilizira, čak i kod netreniranih ili umjereno treniranih osoba blizu maksimalnog opterećenja može se doći i do smanjivanja vrijednosti udarnog volumena. Frekvencija srca raste također linearno, proporcionalno opterećenju, da bi se stabilizira pri maksimalnom opterećenju na vrijednostima od oko 200 otk/min. Stanice miokarda sposobne su kontrahirati i više od 300 puta u minuti, međutim to se ne događa jer bi bilo potpuno nekorisno. Statična opterećenja kao podizanje, ili nošenje tereta, ili dizanje utega, izazivaju promjene koje su povezane najvećim dijelom s intenzitetom kontrakcije. Isto se javlja povećanje minutnog volumena srca, ali ovdje se to događa samo na temelju povećanja frekvencije srca. Naime, udarni volumen se ne mijenja, ili se čak i smanjuje, ovisno o jačini kontrakcije mišića. Što je jača kontrakcija, to je smanjenje udarnog volumena veće, jer jača kontrakcija zaustavlja cirkulaciju. Odmah po prekidu statične kontrakcije dolazi do izraženog povećanja udarnog volumena, ali i frekvencija srca i minutni volumen se smanjuju. Protok krvi kroz aktivne mišiće za vrijeme statičnog opterećenja smanjen je ili potpuno zatvoren, ovisno o jakosti mišićne kontrakcije koja mehanički zaustavlja kretanje krvi kroz krvne žile, uočljiv je

značajan porast, kako sistoličkog, tako i dijastoličkog tlaka, na što osobito treba paziti prilikom treninga u teretani kod osoba koje imaju povišeni arterijski krvni tlak.“ (Matković, Ružić, 2009:150-155).

9.SPORTSKI TRENING I TJELESNO OPTEREĆENJE

(Vitorri, 1990), sportski trening definira kao kompleksan transformacijski proces koji se konkretizira u organiziranom vježbanju što se ponavlja pod takvim opterećenjem da aktivira biološke procese superkompenzacije i adaptacije organizma. Opterećenje treninga ili natjecanja predstavlja ukupnu količinu (volumen rada), odnosno, ukupno tjelesno odnosno fizičko i psihičko odnosno mentalno naprezanje organizma sportaša, izraženo nekim parametarskim sustavom tijekom izvedbe konkretne trenažne ili natjecateljske aktivnosti (Milanović, 2013). Prema kriteriju veličine trenažnih i natjecateljskih opterećenja mogu se razlikovati: maksimalna (90-100%), submaksimalna ili velika (75-90%), medijalna ili srednja (60-75%), umjerena (45-60%) i minimalna ili mala (30-45%) opterećenja (Milanović, 2013). Prema (Milanović, 2013) ukupno opterećenje (volumen rada) u treningu i natjecanju definirano je dvjema komponentama Prvu čini energetska komponenta opterećenja u osnovi koje leži protok energije i razina živčano-mišićne aktivacije, koja se manifestira najviše pri kondicijskom vježbanju. Energetsku komponentu opterećenja tvore dvije osnovne sastavnice: prva je intenzitet, odnosno jačina i brzina podražaja a druga ekstenzitet, odnosno trajanje i broj ponavljanja podražaja. Intenzitet opterećenja čine dvije sastavnice: prva je sila, definirana veličinm vanjskog opterećenja koju mora razviti, generirati živčani i muskoskeletni sustav da bi svladao otpor tog vanjskog opterećenja a druga je brzina, deifnirana tempom izvođenja trenažnog zadatka. Ekstenzitet opterećenja čine također dvije sastavnice: prva je broj ponavljanja/izvođenja a druga je trajanje, odnosno dužina izvedbe zadane aktivnosti.

9.1.Klasifikacija metoda vježbanja prema načinu opterećivanja

Prema načinu opterećivanja sportaša razlikuju se kontinuirana ili trajna metoda i intervalna koja je poznata i kao metoda rada s prekidima. (Milanović, 2013). Razliku između ovih metoda čini neprekidna tjelesna aktivnost pri kontinuiranoj metodi vježbanja te naizmjenični intervali rada i odmora pri intervalnoj metodi vježbanja.

9.1.1.Kontinuirana ili trajna metoda vježbanja

Kao što je već rečeno, u osnovi ove metode leži aktivnost tj.rad bez prekida. Ovom metodom može se doprinijeti poboljšanju aerobnih energetskih procesa, funkcioniranju srčano-žilnog te dišnog sustava. Prema (Milanović, 2013), kontinuirana metoda treninga može se provoditi standardnim (jednolikim) ili varijabilnim (promjenljivim) opterećenjem. Kontinuirano-standardna metoda označava određenu razinu opterećenja čije održavanje se proteže tijekom čitavog trajanja,

dok kontinuirano-varijabilna metoda podrazumijeva promjenu postignute razine opterećenja tijekom trajanja aktivnosti.

9.1.2.Intervalna metoda vježbanja ili metoda rada s prekidima

Kao što je već navedeno, osnova ove metode rada su naizmjenični intervali rada i intervali odmora, odnosno rad s prekidima. Pritom postoji intervalno-standardna metoda koju karakteriziraju jednaka opterećenja, počevši od intervala rada i odmora, te intervalno-varijabilna metoda prilikom koje dolazi do promjene opterećenja prilikom aktivnosti. Intervalni trening je karakteriziran kratkotrajnim periodima visoko intenzivne aktivnosti (blizu maksimalne ili iznad maksimalne) isprekidane periodima aktivnosti niskog do umjerenog intenziteta ili periodima neaktivnosti (McLaren; Morton, 2011; vlastiti prijevod). Prema (Fox, 1993; Wilmore i Costill, 2004; Željaskov, 2004), u intervalnom načinu treniranja opterećenja dovode sportaša, s fiziološke točke motrišta, u stanje povećanog kisikova duga i pojačane koncentracije mliječne kiseline. Nakon nekoliko ponavljanja radnih intervala, kisikov dug se brzo akumulira, što pozitivno utječe na razvoj sportaševa anaerobnog kapaciteta.

10.METABOLIČKI SUSTAVI U MIŠIĆIMA

Veliki dio kemijskih reakcija u tijelu imaju zadaću pretvaranje energije iz hrane u oblik koji će kao takav moći biti iskorišten za različite fiziološke procese, između ostalog i za mišićni rad. Sve vrste hranjivih tvari koje sadrže energiju, a to su ugljikohidrati, masti i bjelančevine, mogu se oksidirati u stanicama i time se oslobađa velika količina energije. Oko 90% svih

ugljikohidrata koji se potroše u tijelu iskorištava se za tvorbu ATP-a u stanici. Tri su metabolička sustava važna za shvaćanje granica mišićnog rada a to su:

- Sustav fosfokreatin-kreatin
- Sustav glikogen-mliječna kiselina
- Aerobni sustav

Adenozin-trifosfat (ATP) je osnovna spona između tjelesnih funkcija koje energiju troše i onih koje ju stvaraju (Guyton i Hall, 2017). Iz tog razloga se ATP naziva energijskim novcem tijela koji je u mogućnosti konstantno se stvarati i trošiti. ATP je izvor energije koji se izravno koristi za mišićnu kontrakciju te mnoge druge fiziološke funkcije. To je kemijski spoj adenina, riboze i triju fosfatnih radikala pri čemu su posljednja dva radikala vezana za ostatak molekule vezama bogatim energijom. Formula mu je:

adenozin-PO3 ~ PO3 ~ PO3 –

U standardnim uvjetima, u svakoj od tih veza pohranjeno je oko 30,5 kJ po molu ATP. Prema tome, odvajanjem jednog fosfatnog radikala oslobađa se više od 30,5 kJ energije koja se upotrebljava za mišićnu kontrakciju a odvajanjem drugog fosfatnog radikala oslobađa se još 30,5 kJ. Nakon gubitka jednog fosfatnog radikala ATP se pretvara u adenozin-difosfat (ADP) a nakon gubitka drugog, ADP se pretvara u adenozin-monofosfat (AMP). Prema (Guyton i Hall, 2017), količina ATP-a u mišićima čak i kod dobro treniranih sportaša dovoljna je za održavanje maksimalne snage mišića otprilike 3 sekunde, što je otprilike dovoljno za polovicu sprinta na 50 metara pa je stoga nužno trajno stvaranje ATP-a i kod kratkotrajnih natjecanja.

10.1.Sustav fosfokreatin-kreatin

Fosfokreatin ili kreatin-fosfat je sustav koji također sadrži energetski bogatu fosfatnu vezu a formula mu je:

kreatin ~ PO3 –

On se razgrađuje na kreatin i fosfatni ion čime se oslobađa velika količina energije. Fosfatna veza u fosfokreatinu iznosi 43 kJ po molu i veća je od one u ATP – u te je samim tim fosfokreatin u mogućnosti osigurati dovoljno energije za obnavljanje veza ATP-a. Prema (Guyton i Hall, 2017), posebna je značajka prijenosa energije s fosfokreatina na ATP to što se

odvija u djeliću sekunde. Zbog toga je sva energija pohranjena u mišiću u obliku fosfokreatina gotovo trenutno upotrebljiva za mišićnu kontrakciju, baš kao i energija pohranjena u ATP. Količine staničnog ATP-a i staničnog fosfokreatina nazivaju se fosfagenim energijskim sustavom te osiguravaju maksimalnu snagu mišića za 8 do 10 sekundi, što jedva može biti dovoljno za sprint na 100 metra. Dakle, energija iz fosfagenog sustava upotrebljava se za maksimalan ali kratkotrajan mišićni napor (Guyton i Hall, 2017).

10.2.Sustav glikogen mliječna kiselina

Oko 80% proizvoda probave ugljikohidrata u probavnom sustavu čini glukoza. Glukoza je konačni zajednički oblik u kojemu se gotovo svi ugljikohidrati prenose do tkivnih stanica (Guyton i Hall, 2017). Nakon apsorbiranja u stanice, glukoza se može odmah upotrijebiti za oslobađanje energije ili se pohranjuje u obliku glikogena. Glukoza se prije svega pohranjuje kao glikogen sve dok se stanice njime ne zasite a ta je količina dovoljna za podmirenje tjelesnih potreba energijom samo 12 do 24 sata. Glikogen koji je pohranjen u mišićima može se ponovo razgraditi u glukozu koja služi za nadoknadu energije. Početna faza tog procesa, koji se zove glikoliza, odvija se bez kisika i naziva se anaerobni metabolizam (Guyton i Hall, 2017). Konačni proizvodi glikolize potom se okisidiraju kako bi dali energiju. Glikoliza je zapravo razgradnja glukoze na dvije molekule pirogrožđane kiseline a energija oslobođena iz svake molekule glukoze stvara 4 molekule ATP-a. Gotovo 90% ATP-a stvorenog metabolizmom glukoze nastaje naknadnom oksidacijom vodikovih atoma oslobođenih u ranijim stadijima razgradnje glukoze. Taj proces zbiva se u mitohondrijima u koje ulazi pirogrožđana kiselina i reagira s kisikom. Međutim, u uvjetima deficita kisika pirogrožđana kiselina se prevara u mliječnu kiselinu koja difundira u krv. Ovim procesom se bez utroška kisika stvaraju prirodne količine ATP-a, točnije pretvorbom mišićnog glikogena u mliječnu kiselinu. Međutim, mliječna kiselina se ponovno pretvara u pirogrožđanu kiselinu u prisustvu kisika, odnosno kada čovjek počne udisati kisik. Prema tome, veći dio stvorene mliječne kiseline se u prisustvu kisika može ponovo pretvoriti u glukozu ili upotrijebiti za dobivanje energije. Prema (Guyton i Hall, 2017), bitna značajka sustava glikogen-mliječna kiselina je to da se njime molekule ATP-a sintetiziraju 2,5 puta brže nego pri oksidacijskom mehanizmu u mitohondrijima. Naime, anaerobna glikoliza može poslužiti kao brzi izvor energije ukoliko su za mišićnu kontrakciju potrebne velike količine ATP-a. Uz 8 do 10 sekundi koje omogućava

sustav fosfokreatin-kreatin, sustav glikogen-mliječna kiselina može osigurati za maksimalni mišićni rad još 1,3 do 1,6 minuta.

10.3.Aerobni sustav

Aerobni sustav podrazumijeva potpunu razgradnju ugljikohidrata i masti u mitohondrijima. To znači da glukoza, masne kiseline i aminokiseline iz hrane nakon određenih pretvorbi reagiraju s kisikom kako bi se oslobodila velika količina energije koja će osigurati stvaranje ATP-a. Aerobni metabolizam dijeli se na metabolizam lipida koji podrazumijeva razgradnju masti, i aerobnu glikolizu, koja podrazumijeva razgradnju glikogena/glukoze. Međutim, u uvjetima ekstremnog tjelesnog napora ili gladi ovaj proces može se odnositi i na razgradnju bjelančevina. Znači ako tjelesne zalihe ugljikohidrata postanu manje od normalnih vrijednosti, umjerene količine glukoze mogu nastati od aminokiselina i glicerolskog dijela masti i taj se proces zove glukoneogeneza (Guyton i Hall, 2017). Osnovni podražaji koji potiču proces glukoneogeneze su deficit tjelesnih zaliha ugljikohidrata i snižena razina šećera u krvi, pa je prema tome glukoneogeneza je iznimno važna tijekom gladovanja, jer sprječava prekomjerno smanjenje koncentracije glukoze u krvi. Prema (Guyton i Hall, 2017), normalna koncentracija glukoze u krvi čovjeka koji nije ništa jeo 3 do 4 sata iznosi približno 5 mmol/L. Čak i poslije obroka koji sadržava velike količine ugljikohidrata rijetko je veća od 7,8 mmol/L, osim ako čovjek nema šećernu bolest. Kao što je već rečeno, oksidacijom masnih kiselina u mitohondrijima nastaju velike količine ATP-a. Metabolizam masti osigurava velike količine energije pa je od presudnog značaja kod dugotrajnih tjelesnih aktivnosti kao što je trčanje na duge staze, dok aerobna glikoliza podrazumijeva potpunu razgradnju glikogena te je najvažniji način dobivanja energije u disciplinama srednjih pruga (Kolić, Šentija, Babić, 2012). Prema (Guyton i Hall, 2017), usporedbom tog aerobnog mehanizma namicanja energije sa sustavom glikogen-mliječna kiselina i fosfagenskim sustavom s obzirom na izdržljivost, vrijednosti su sljedeće:

- Fosfagenski sustav – 8 do 10 sekundi
- Sustav glikogen-mliječna kiselina – 1,3 do 1,6 minuta
- Aerobni sustav – neograničeno vrijeme (dok ima hranjivih tvari)

Prema tome, za brzo postizanje maksimalne mišićne snage u trajanju od nekoliko sekundi, što bi otprilike odgovaralo skoku u dalj, mišići iskorištavaju fosfagenski sustav; za maksimalni mišićni rad u trajanju od 1,3 do 1,6 minuta, što se odnosi na srednje duge utrke u atletici, tj trčanje od 200 do 800 metara, mišići iskorištavaju sustav glikogen-mliječna kiselina; dok za dugotrajni naporni mišićni rad, kao što je na primjer skijaško trčanje, mišići iskorištavaju aerobni sustav.

11. ZAKLJUČAK

Zaključno, intervalno tjelesno opterećenje u odnosu na konstantno tjelesno opterećenje istog trajanja izazvalo je produženi brži rad bazalnog metabolizma za vrijeme oporavka, odnosno, povećan je intenzitet bazalnog metabolizma što znači da je za održavanje vitalnih funkcija utrošeno više kalorija na temelju povećane frekvencije srca. A s obzirom na to da pod bazalnim metabolizmom podrazumijevamo i rad srca, dišnog sustava, mozga, jetre i bubrega, na prvo dvoje vjerojatno otpada najveći postotak povećanja bazalnog intenziteta s obzirom na njihovu najveću povezanost s tjelesnim opterećenjem.

12.LITERATURA

1. Borer, K,T. (2008). How effective is exercise in producing fat loss? *Division of Kinesiology, University of Michigan, USA. Kinesiology* 40(2008) 2:126-137

2. Broeder, C.E., Burrhus, K.A., Svanevik, L.S., Wilmore, J.H. (1992). The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *The American journal of clinical nutrition*. 1992 Apr; 55(4): 802-10. /on line/. S mreže preuzeto 14.lipnja 2017.s: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/

3. France, R.C. (2011). *Introduction to sports medicine and athletic training, second edition.* Clifton Park: New York: Delmar Cengage Learning.

4. Gilliat-Wimberly, M., Manore, M.M., Swan, P.D., Carroll, S.S. (2001). Effects of habitual physical activity on the resting metabolic rates and body compositions of women aged 35 to 50 years. *Journal od the American Dietetical Association.* 2001 Oct; 101(10):1181-8. /on line/. S mreže preuzeto 14.lipnja s: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/

5. Greenfield, B. (2012). 100 ways to boost your metabolism. *Price World Publishing*. /on line/. S mreže preuzeto 07.svibnja 2017. s: http://www.priceworldpublishing.com/

6. Guyton, A., Hall, J.E. (2012). *Medicinska fiziologija, trinaesto izdanje*. Zagreb: Medicinska naklada.

7. Heimer, S., Čajavec, R. i suradnici (2006). *Medicina sporta*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

8. Hurt, R.T., Kulisek, C., Buchanan, L.A., McClave, S.A. (2010). The Obesity Epidemic: Challenges, Health Initiatives and Implications for Gastroenterologists. *Gastroenterol Hepatol (NY).* 2010 Dec; 6(12): 780-792. /on line/. S mreže preuzeto 07.svibnja 2017. s: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/

9. Kolić, L., Šentija, D., Babić, V. (2012). Usporedba pokazatelja aerobnog energetskog kapaciteta dobivenih različitim protokolima opterećenja u trkačica. *Hrvatski Športskomedicinski Vjesnik* 2012; 27: 17-23. /on line/. S mreže preuzeto 07.svibnja 2017. s: http://hrcak.srce.hr/hsmv

10. Lighton, J.R.B. (2008). *Measuring Metabolic Rates*: A Manual for Scientists. Oxford: New York: Oxford University Press.

11. Matković, B., Ružić, L. (2009). *Fiziologija sporta i vježbanja*. Zagreb: Odjel za izobrazbu trenera Društvenog veleučilišta u Zagrebu, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

12. McLaren, D., Morton, J. (2011). *Biochemistry for Sport and Exercise Metabolism*. Liverpool: Liverpool John Moores University.

13.McMurray, R.G., Soares, J., Caspersen, C.,J., McCurdy, T. (2014). Examining Variations of Resting Metabolic Rate of Adults: A Public Heatlh Perspective. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2014 Jul; 46(7): 1352-1358. /on line/. S mreže preuzeto 14.lipnja 2017.s: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/

14. Milanović, D. (2013). *Teorija treninga*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

15. Parizkova, J.M.D. (1977). *Body fat and Physical Fitness*. Prague: Research Institute, Faculty of Physical Education, Charles University

16. Šajina, M. (2014). Metabolizam i potreba na energiji. Mirela Šajina, *Nutricionizam.com – hrana, prehrana i zdravlje*. /on line/. S mreže preuzeto 30.svibnja 2017. s: http://nutricionizam.com/

17. Wolinsky, I., Driskell, J.A. (2007). Sports Nutrition: Energy Metabolism and Exercise. *CRC Press: Taylor and Francis Group*. /on line/. S mreže preuzeto 07.svibnja 2017. s: https://www.crcpress.com/

18.Fitnes Učilište (2016). Mjerenje bazalnog metabolizma u sportu. /on line/. S mreže preuzeto 07.svibnja 2017. s: https://fitnes-uciliste.hr/