

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT

**PROTEINI IN AMINOKISLINE V
PREHRANI VZDRŽLJIVOSTNEGA
ŠPORTNIKA**

DIPLOMSKO DELO

MARKO PETROVIČ

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Specialna športna vzgoja
Prilagojena športna vzgoja

PROTEINI IN AMINOKISLINE V PREHRANI VZDRŽLJIVOSTNEGA ŠPORTNIKA

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:

doc. dr. Edvin Dervišević

RECENZENTKA:

doc. dr. Mirjam Lasan

KONZULTANT:

strok. sod. Radoje Milić, dr. med.

AVTOR DELA:

Marko Petrovič

Ljubljana, 2010

ZAHVALA:

Zahvaljujem se mentorju, doc. dr. Edvinu Derviševiću dr. med., recenzentki, doc. dr. Mirjam Lasanovi dr. med., konzultantu, strok. sod. Radoje Miliću dr. med. ter asistentu Vedranu Hadžiću dr. med., za pomoč pri izbiri naslova ter pisanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se svoji družini za podporo med študijem.

Ključne besede: proteini, aminokisliline, vzdržljivostni športi, športna prehrana, regeneracija, sinteza proteinov

PROTEINI IN AMINOKISLINE V PREHRANI VZDRŽLJIVOSTNEGA ŠPORTNIKA

Marko Petrovič

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, 2010

Specialna športna vzgoja, Prilagojena športna vzgoja

Število strani: 52, število razpredelnic: 1, število slik: 8, število virov: 33, število prilog: 0.

IZVLEČEK

Namen diplomske naloge je opisati proteine in aminokisliline ter njun vpliv na sposobnost v vzdržljivostnih športih, kot so na primer kolesarjenje, tek na srednje dolge proge ter maraton, tek na smučeh, vzdržljivostno plavanje. V diplomski nalogi so opisani procesi med vzdržljivostno športno aktivnostjo.

V uvodu so podrobneje opisani proteini in aminokisliline, njihova kemijska struktura, absorpcija in metabolizem. Ker naloga govori o vzdržljivostnih športih, je v uvodu tudi predstavljeno aerobno pridobivanje energije. V nadaljevanju so opisane prilagoditve mišic na intenzivni vzdržljivostni trening.

Osrednja tema diplomske naloge so proteini in aminokisliline v prehrani vzdržljivostnega športnika. Zato je v razpravi predstavljen optimalen vnos proteinov s hrano, čas vnosa proteinov (med in po treningu) ter vpliv proteinov in aminokislin na sposobnost v vzdržljivosti.

Dejstvo je, da je o tej temi napisanega zelo malo, saj proteini in aminokisliline ne predstavljajo glavnega energijskega vira za dolgotrajno vzdržljivost.

Key words: proteins, amino acids, endurance sports, sport nutrition, regeneration, protein synthesis

PROTEINS AND AMINO ACIDS IN NUTRITION OF ENDURANCE ATHLETE

Marko Petrovič

University of Ljubljana, Faculty of Sport, 2010

Special Physical Education, Adapted Physical Education

No. of pages: 52; No. of charts: 1; No. of images: 8; No. of sources: 33; No. of appendices: 0.

SUMMARY

The purpose of this thesis is to introduce proteins and amino acids and their influence on ability in endurance sports, like cycling, long distance race, cross country skiing and swimming marathon. There are also described processes going on in endurance activity.

The introduction of the thesis presents proteins and amino acids, their chemical structure, absorption and metabolism. Because the thesis is about endurance sport, there are also described aerobic energy production and muscle adaptations to intensive endurance training.

Main theme of my thesis is proteins and amino acids in nutrition of endurance athlete. Thus, there is presented optimal protein intake, timing of protein intake (during and after training) and effects of this nutrition on endurance ability.

The fact is, that is little written about this theme, as proteins and amino acids don't present main energy source for long-term endurance.

KAZALO

1. UVOD	8
2. PREDMET IN PROBLEM	10
2.1. POMEN PREHRANE V ŠPORTU	10
2.2. PRESNOVA.....	12
2.3. PROTEINI (BELJAKOVINE)	13
2.3.1. <i>DELOVANJE PROTEINOV</i>	14
2.3.1.1. ENCIMI	14
2.3.1.2. STRUKTURNI PROTEINI.....	14
2.3.1.3. OBRAMBNI PROTEINI.....	15
2.3.1.4. TRANSPORTNI IN SKLADIŠČNI PROTEINI	15
2.3.1.5. REGULACIJSKI IN RECEPTORSKI PROTEINI	15
2.3.1.6. GIBALNI PROTEINI IN PROTEINI, KI OMOGOČAJO KRČENJE MIŠIC.....	16
2.3.2. <i>POTREBA PO PROTEINI</i>	17
2.3.3. <i>METABOLIZEM IN ABSORPCIJA PROTEINOV</i>	19
2.4. AMINOKISLINE	20
2.4.1. <i>KEMIJSKA STRUKTURA IN ZNAČILNOST AMINOKISLIN</i>	22
2.4.2. <i>METABOLIZEM AMINOKISLIN</i>	24
2.5. DOLGOTRAJNA VZDRŽLJIVOST	25
3. CILJI	28
4. METODE DELA	29
5. RAZPRAVA	30
5.1. ZAKONITOSTI TRENAŽNO – TEKMOVALNEGA PROCESA.....	30
5.2. MIŠIČNA CELICA – ENERGIJA	31
5.2.1. <i>OBRAT ADENOZINTRIFOSFATA</i>	31
5.3. TIP MIŠIČNE CELICE	32
5.4. DOGAJANJA MED TRENAŽNIM NAPOROM	32
5.5. SPLOŠNA AEROBNA VZDRŽLJIVOST	33
5.5.1. <i>DOLGOTRAJNA SPLOŠNA AEROBNA VZDRŽLJIVOST</i>	33
5.6. DOLGOTRAJNA ŠPORTNA AKTIVNOST IN PREHRANA.....	34
5.7. PROTEINI IN PROTEINSKI HIDROLIZATI V ŠPORTNI PREHRANI.....	35
5.8. PROTEINSKI DODATKI V ŠPORTU	37
5.9. PROTEINI IN AMINOKISLINE V PREHRANI VZDRŽLJIVOSTNEGA ŠPORTNIKA.....	38
5.9.1. <i>PROTEINSKE ZAHTEVE ZA VZDRŽLJIVOSTNE ŠPORTNIKE</i>	40
5.9.2. <i>ČAS VNOSA PROTEINOV IN AMINOKISLIN</i>	42
5.9.2.1. VNOS PROTEINOV MED VZDRŽLJIVOSTNIM TRENINGOM.....	43
5.9.2.2. VNOS PROTEINOV PO TRENINGU/TEKMI.....	43

5.9.3. VPLIV PROTEINOV IN AMINOKISLIN NA VZDRŽLJIVOST	44
6. SKLEP.....	48
7. LITERATURA.....	50

1. UVOD

Telesna aktivnost in zdrava prehrana sta izredno pomembni sestavini zdravega načina življenja.

Hrana zagotavlja energijo (toplotno, mehanično) za vzdrževanje telesne temperature in človeške aktivnosti (vzdrževanje osnovnih funkcij organizma – dihanje in bitje srca, delo, šport), omogoča normalno rast in razvoj ter obnovo organizma. Je dejavnik zdravstvene zaščite, preprečuje občutek lakote in žeje, nezanemarljiv pa je tudi užitek pri uživanju hrane (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

Kdor hoče v kaki športni zvrsti doseči uspeh, pa čeprav samo z namenom, da si izboljša zdravje, mora ne samo redno vaditi, temveč se mora tudi ustrezno prehranjevati. To spoznanje se danes vse bolj uveljavlja med vrhunskimi in priložnostnimi športniki.

Čeprav ima vsaka športna zvrst in vsak športnik svoja prehrabena pravila, pa obstaja nekaj zakonov, ki so za vse obvezni. Problem številka ena je preskrba z energijo. Telo dobiva energijo iz tako imenovanih glikogenskih skladišč v jetrih in mišicah, ta pa se najhitreje in najuspešnejše obnovijo z ogljikovimi hidrati, to je s sladkorjem. Če pa sežemo po čokoladi in grozdnemu sladkorju, je to neke vrste avtogol, kajti sladkor sproži izločanje inzulina, ta pa spet zniža krvni sladkor in športnik se bo nenadoma znašel v pravi energijski praznini (*Zittlau in Kriegisch, 2001*).

Izpeljava kakovostnega treninga je v tesni odvisnosti od prehrane, ki lahko pogosto odločilno vpliva na končni športni uspeh. Športnikovo prehrano označuje predvsem povečana potreba po energiji, ki je v primerjavi s potrebo nešportnika lahko tudi dvakrat večja, v ekstremnih primerih pa še večja. Poleg skrbi za primerno količino in čas zaužite hrane in pijače glede na čas in trajanje športne aktivnosti je seveda pri športniku potrebna tudi skrb za kakovost prehrane. Za zdravo športno prehrano sta značilna optimalna sestava živil (hrane) in način prehranjevanja (število in čas obrokov – timing) (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

Pri vrhunskem športu gre za organizirano in dokaj usmerjeno športno dejavnost. Redni treningi razvijajo vse večje psihofizične zmogljivosti ter visoko športno kondicijo, ki omogoča vrhunske športne dosežke na tekmovanjih. Pravilna in uravnotežena prehrana ima pri tem tudi izreden pomen (*Pokorn, 1991*).

Naše telo med aktivnostjo koristi različne vire energije. Če gre za dolgotrajnejšo aktivnost, so glavni vir energije ogljikovi hidrati in maščobe. Daljša in manj intenzivna kot je aktivnost, večji delež energije se porablja iz maščobe.

Proteini niso pomemben vir energije med vzdržljivostnim treningom, vendar pa začne telo uporabljati aminokislino kot gorivo, če dobi premalo energije iz ogljikovih hidratov in maščob. V tem primeru se aminokislino razgradijo na glukozo in dušik. Večji vnos proteinov je potreben po treningu, tekmi, predvsem pa pri poškodbi mišic ali tkiv (*Meltzer in Fuller, 2005*).

Prehrana športnika je pomemben del trenažnega procesa, tako v aerobnih kot anaerobnih športih. In ker so za vzdržljivostne športe najpomembnejši ogljikovi hidrati, sem skušal skozi diplomsko nalogo ugotoviti, kakšno vlogo pa imajo proteini in aminokislino pri teh športih. Veliko je sicer napisanega o teh dveh hranilih, vendar pa malo v povezavi z vzdržljivostnim športom. Največ je napisanega v tujih člankih, kjer so predstavljene različne raziskave na to temo. Proteini ne dajejo energije organizmu za vzdržljivostno vadbo, vendar pa to ne pomeni, da se jih ne sme uživati pred tovrstno vadbo. Veliko virov navaja, da naj bi človek dnevno zaužil 15% proteinov s hrano. Ta procent velja za sedeče posameznike, pa tudi za vzdržljivostne športnike ta številka ne bi bila precej večja. Dnevni vnos proteinov s hrano naj bi se povečal le, če vzdržljivostna vadba traja več kot 3 ure, npr. pri maratoncih in ultramaratoncih. Veliko avtorjev je različnega mnenja o tem, jaz pa mislim, da bi morali vzdržljivostni športniki vseeno zaužiti nekoliko več proteinov kot nešportniki.

2. PREDMET IN PROBLEM

Športnikova prehrana je še vedno enako sporna kot v preteklosti, ko so se stari Grki pred tekmovanjem hranili s posušenimi figami, ali v devetnajstem stoletju, ko je bil običaj, da so si pred nastopom v teku čez drn in strn privoščili zrezek z vinom. Fiziologi, zdravniki in trenerji se kar naprej prepirajo o pomenu posebnih režimov prehranjevanja. Fiziologi in zdravniki ugotavljajo, da se z novimi prehranskimi modnimi muhami redko ali pa sploh nikoli ne da izboljšati športnega dosežka.

Strogo nadzorovane znanstvene poskuse, ki bi pojasnili neposredno zvezo med prehrano in športnimi dosežki, je zelo težko pripraviti. Večkratni poskusi, s katerimi bi radi ovrednotili pomen določenih prehranskih substanc za športne rezultate, niso odkrili nobenega pomembnejšega pozitivnega ali negativnega vpliva, in sicer ne glede na to, kako trdno so športniki in njihovi trenerji prepričani o koristnosti raznih pripravkov od injekcij vitamina B₁₂ do izvlečkov cvetnega prahu (*Sperryn, 1994*).

Od antike do danes se je zvrstilo že ogromno priporočil o režimu prehrane, ki naj bi vplivali na večjo moč, spretnost in vzdržljivost športnika in rekreativca. Že švicarski znanstvenik je leta 1887 s posredno kalorimetrijo določil toplotni ekvivalent kisika oziroma toplotni izkoristek posameznih hranil v presnovi. Največ toplote se je sprostito pri izgorevanju 1 litra kisika z ogljikovimi hidrati, najmanj pa z beljakovinami (*Pokorn, 1991*).

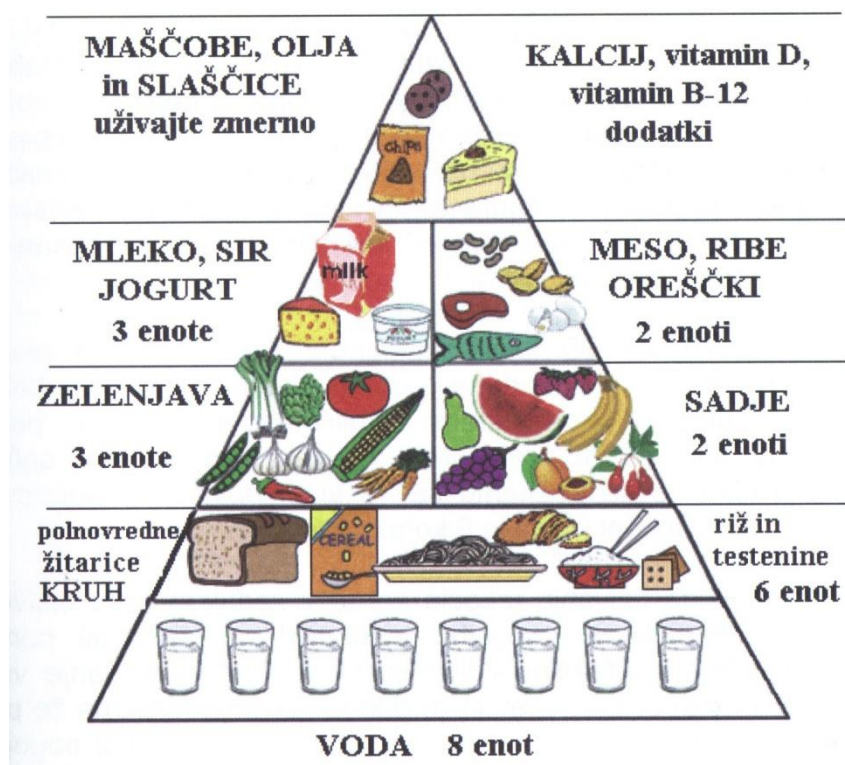
Različna aktivnost narekuje različne energijske potrebe. Strokovnjaki poudarjajo, da je poraba raznih »goriv« v telesu odvisna predvsem od stopnje in vrste redne telesne aktivnosti oziroma treningov pri vrhunskih športnikih (*Pokorn, 1991*).

Za vrhunske športnike ni samo pomembna vrsta energijskega hranila, temveč tudi količina in čas zaužitja. Pomembno je, kaj športniki zaužijejo pred, med in po treningu ali tekmi.

2.1. POMEN PREHRANE V ŠPORTU

Prehrana je brez dvoma eden najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na kakovost življenja. Za optimalno funkcionalno sposobnost športnika je vsekakor najpomembnejši trening. Povečana telesna aktivnost kot glavna značilnost športa pomeni zlasti povečano potrebo po energiji, ki jo športnik zagotavlja z vnosom hrane. Za zdravo športno prehrano sta značilna optimalna sestava živil in način prehranjevanja, ki omogočata optimalno športno aktivnost ob čim manjšem obremenjevanju organizma s prebavo hrane in hkrati varovanje zdravja. Količinska prevlada kompleksnih ogljikovih hidratov v zdravi prehrani je v zadnjem času splošno znana in to je sprejemljivo tudi v športu (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

Skrb za pravilno prehrano športnika je sestavni del trenažno-tekmovalnega procesa. Kot okvir prehrane za športnike lahko služi tudi prehranska piramida (slika 1). Korigirana piramida, namenjena športnikom, vključuje tudi priporočilo glede potrebne količine vode kot pomembnega dela prehrane z napotki za koriščenje pri športni aktivnosti.



SLIKA 1: Primer prehranske piramide z upoštevanjem vnosa vode (*Dervišević in Vidmar, 2009*)

Pogled na prehrano športnikov je bil včasih precej drugačen kot danes. Do začetka prejšnjega stoletja so podobno kot vojakom tudi športnikom, in to ne glede na športno zvrst, priporočali predvsem z mesom bogato prehrano. Še leta 1842 je Liebig kot najpomembnejši vir športnikove prehrane priporočil beljakovine.

Pettenkofer in Voit leta 1896 ugotavljata, da beljakovine niso glavni vir energije, Zunt pa, da so poglobitni vir energije maščobe in ogljikovi hidrati. Skoraj 50 let kasneje, Christimsem in Hansen dokažeta, da so v športu pravzaprav najpomembnejši vir energije ogljikovi hidrati. Danes so učinkom živil, količini posameznih obrokov in dnevni količini hrane namenjene številne znanstvene raziskave (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

2.2. PRESNOVA

Presnova je skupek številnih biokemičnih procesov v organizmu, s pomočjo katerih organizem zaužito hrano pretvori v sebi lastne molekule (izgradnja telesa) in v energijo (izvajanje aktivnosti) (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

Hrana v obliki različnih živil (hranil) je kemična energija, ki v procesu presnove zagotavlja organizmu potrebno energijo za vzdrževanje stalne telesne temperature (toplotna energija) in energijo za opravljanje telesnih aktivnosti (mehanična energija). Večji del kemične energije, pridobljene iz hrane, se sprosti v obliki toplotne energije (približno 70 %) in le okoli 30 % te energije se uporabi za telesno aktivnost.

Osnovne sestavine hrane – živil:

- ogljikovi hidrati,
- beljakovine,
- maščobe,
- vitamini,
- rudnine – minerali,
- voda

(*Dervišević in Vidmar, 2009*).

2.3. PROTEINI (BELJAKOVINE)

Izraz **protein** je leta 1838 prvič uporabil nizozemski kemik Gerardus Mulder za poimenovanje skupine molekul, ki so široko zastopane v vseh rastlinah in živalih. Z izbiro imena je Mulder tudi pravilno napovedal pomen proteinov, saj ga je izpeljal iz grške besede *proteios*, kar pomeni glavni oz. prvi v vrsti. V slovenščini, posebej v zvezi s prehrano, proteine pogosto imenujemo tudi beljakovine. Proteini, ki so biološki polimeri aminokislin, imajo veliko različnih struktur in funkcij. Aminokislina, iz katerih so sestavljeni, predstavljajo nabor 21 različnih molekul z značilno kemijsko zgradbo. Strukturo vsakega od proteinov določa njegovo zaporedje aminokislin, ki je zapisano v genih (predelih DNK). Značilna sestava in zaporedje aminokislin omogočata vsakemu proteinu, da se zvije v natančno določeno tridimenzionalno strukturo, ki jo potrebuje za svojo natančno določeno biokemijsko vlogo. Proteini se kot skupina biomolekul odlikujejo z veliko funkcijsko raznovrstnostjo. Tako nekateri sodelujejo pri krčenju mišic ali pri vzdrževanju čvrstosti struktur, drugi pri prenosu oz. skladiščenju majhnih molekul. Med proteine prištevamo tudi protitelesa (molekule, namenjene imunski zaščiti), encime (biološke katalizatorje) ter nekatere hormone (*Boyer, 2005*).

Proteini so organske spojine, sestavljene iz osnovnih elementov – aminokislin, ki vsebujejo kisik, vodik, ogljik, dušik, fosfor, žveplo in železo. Kljub določenemu energijskemu potencialu jih organizem, razen v izjemnih situacijah (stradanje, športna aktivnost), v ta namen ne uporablja, temveč so beljakovine »gradbeni material« za izgrajevanje celic organizma, hormonov in encimov. Kot sestavni del protiteles (imunski sistem) proteini prispevajo k zdravstveni zaščiti organizma, kot sestavni del nukleinskih kislin pa so tudi nosilci genetskih lastnosti. Lahko so živalskega (meso, jajca, mleko) ali rastlinskega (stročnice) izvora (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

Proteini imajo v krvni plazmi različne funkcije:

- ščitijo pred infekcijami (vloga protitelesa),
- vplivajo na koloidnoosmotski tlak in s tem na porazdelitev vode med vaskularnim in medceličnim prostorom (predvsem albumin),

- delujejo kot pufri, zato so pomembni pri vzdrževanju kislno-bazičnega ravnovesja,
- imajo transportno funkcijo, saj se zdravila, nekateri hormoni, vitamini in elektroliti v cirkulaciji vežejo na nekatere proteine (albumini, globulini),
- nekateri proteini imajo specifične funkcije, npr. encimi, hormoni, zaviralci encimov, dejavniki koagulacije, itd.

V krvni plazmi se nahajajo albumin, globulini in fibrinogen. Ti proteini se v jetrih sintetizirajo iz aminokislin. Albumin in fibrinogen nastajata v jetrih, kjer se ustvarjajo tudi α -globulin in β -globulin, medtem γ -globulin nastaja v celicah plazmatkah (*Čvorišček in Čepelak, 2009*).

2.3.1. DELOVANJE PROTEINOV

Sinteza proteinov vodi do nastanka mnogih različnih molekul. Vsaka vrsta proteina ima zaradi določenega zaporedja aminokislinskih ostankov značilno velikost, obliko in biološko aktivnost. V nadaljevanju so predstavljeni glavni razredi proteinov in njihove splošne lastnosti (*Boyer, 2005*).

2.3.1.1. ENCIMI

V telesnih tekočinah vladajo zelo mile razmere, zato je za potek kemijskih reakcij z ustrešno hitrostjo nujna prisotnost bioloških katalizatorjev. Tako se na primer presnova ogljikovih hidratov prične v ustih ob delovanju encima amilaze. Encim fosfofruktokinaza katalizira prenos fosfatne skupine iz ATP na fruktoza-6-fosfat; sodeluje v eni od vmesnih stopenj procesa glikolize (*Boyer, 2005*).

2.3.1.2. STRUKTURNI PROTEINI

Številni proteini so v celicah in tkivih namenjeni mehanski opori. Čvrstost kosti, kože, kit in hrustanca je posledica prisotnosti fibrilarnega proteina kolagena. Glavna

proteinska komponenta perja, las in nohtov pa je netopen keratin (*Boyer, 2005*). Pomembna sestavina ligamentov je strukturni protein elastin, ki ima elastične značilnosti. Zaradi majhnih molekul elastina, ki se povezujejo v obliko polimerov, se elastin lahko raztegne v dve dimenziji (*Garrett in Grisham, 2007*).

2.3.1.3. OBRAMBNI PROTEINI

Protitelesa (imunoglobulini), ki so jih sposobni izdelati le višji organizmi, so po naravi proteini. S tem, ko se selektivno vežejo na tujke, ki so lahko virusi ali bakterije, jih nevtralizirajo in izničijo njihov učinek na organizem (*Boyer, 2005*). Obrambna proteina, ki preprečujeta izgubo krvi pri odprtih ranah, sta trombin in fibrinogen (*Garrett in Grisham, 2007*).

2.3.1.4. TRANSPORTNI IN SKLADIŠČNI PROTEINI

Številne majhne biomolekule, kot so holesterol, maščobne kisline pa tudi O_2 , so vključene v energijski metabolizem in izgradnjo celičnih struktur. V ta namen se morajo prenašati po celotnem organizmu. Majhne molekule se vežejo na proteine, ti jih po krvi prenesejo do mesta delovanja, včasih pa tudi preidejo membrane celic: to jim omogočajo membranski proteini. Hemoglobin je globularni protein, ki služi za prenos kisika od pljuč do tkiv (*Boyer, 2005*). Skladiščni proteini delujejo kot skladišče življenjsko pomembnih hranil. Ker so proteini aminokislinski polimeri in ker je dušik pogosto omejeno hranilo za rast, je organizem začel izrabljati proteine za zagotavljanje zadostne količine dušika takrat, ko ga organizem potrebuje (*Garrett in Grisham, 2007*).

2.3.1.5. REGULACIJSKI IN RECEPTORSKI PROTEINI

Hormone izločajo nekatere celice v žlezah in potujejo z difuzijo ali cirkulacijo po krvnem obtoku do določenega cilja. Hormoni uravnavajo metabolične procese

organov in tkiv, nadzorujejo rast, razmnoževanje, učenje in spomin ter pomagajo organizmu pri obvladovanju stresov v okolju (*Garrett in Grisham, 2007*).

Seznam proteinov, ki so sposobni uravnati celične in s tem fiziološke aktivnosti, je zelo dolg. Natančno je preučeno le delovanje nekaterih hormonov, kot so inzulin, prolaktin in tirotropin. Drugi primer so G-proteini, ki prenašajo signale hormonov v celico, ali pa proteini, ki se vežejo na DNK in usmerjajo podvojevanje DNK in s tem uravnavanje sintezo proteinov. Receptorski proteini, ki so vgrajeni v membrane, omogočajo prenos živčnih impulzov in hormonsko signaliziranje. S tem, ko se majhne molekule kemičnih prenašalcev informacij, kot sta acetilholin in adrenalin, vežejo na receptorski protein na površini celic, se sporočilo prenese v notranjost celice (*Boyer, 2005*).

2.3.1.6. GIBALNI PROTEINI IN PROTEINI, KI OMOGOČAJO KRČENJE MIŠIC

Mišično krčenje je drsenje tankih aktinskih nitk med debelejšimi miozinskimi nitkami. Dolžina nitk ostaja nespremenjena.

Teorija drsenja temelji na procesu vzpostavljanja povezave med miozinskimi glavicami in aktivnimi mesti na aktinu ter premikanju prečnih mostičkov (glavic miozina) proti sredini sarkomere. Krčenje je torej posledica zaporedno potekajočih ciklov prečnih mostičkov.

Mehanizem enega cikla prečnega mostička:

- prečni mostiček se veže na specifično mesto na aktinski nitki
- prečni mostiček se upogne proti sredini sarkomere in pri tem potegne aktinsko nitko s seboj
- prekine se zveza med prečnim mostičkom in aktinom; prečni mostiček se vrne v prvotni položaj in je pripravljen za nov cikel (vezavo na novo mesto na aktinu).

Prehajanje mišične celice iz faze mirovanja v fazo krčenja in njej sledečo fazo sprostitve, je odvisno od položaja uravnalnih proteinov. Njihov položaj uravnavajo kalcijevi ioni. Če je koncentracija kalcija v sarkoplazmi nizka (stanje mirovanja),

uravnlalni proteini preprečujejo interakcijo med aktinskimi in miozinskimi nitkami (Lasan, 2004).

2.3.2. POTREBA PO PROTEINIH

Vsak dan potrebujemo približno en gram proteinov na kilogram lastne teže. Če imamo 70 kilogramov, naj bi vsak dan zaužili 70 gramov proteinov. Pri športnikih je potreba po proteinih višja (Zittlau in Kriegisch, 2001).

Potrebe po proteinih so povezane s številnimi, še ne popolno proučenimi dejavniki, med katere spadajo: sestava jedilnika, skupni energijski vnos, intenzivnost in trajanje športne aktivnosti, temperatura okolja, spol, starost (Dervišević in Vidmar, 2009).

Pri dovajanju proteinov telesu s hrano (slika 2) ni pomembna le količina proteinov v hrani, temveč tudi njihova kakovost. Nekatere proteine presnavljamo bolje, druge slabše. Nekateri proteini so našim beljakovinskim strukturam bližji, drugi manj. Kot merilo velja tako imenovani PDCAAS, kar je kratica za Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (razpredelnica 1). Navedeno merilo nam pove, v kolikšni meri lahko neki protein usvojimo in v kolikšni meri profil aminokislina v hrani ustreza profilu telesu lastne aminokislina (Zittlau in Kriegisch, 2001).

Razpredelnica 1: kvaliteta proteinov izračunana s pomočjo PDCAAS: če dobljeno vrednost pomnožimo s količino proteinov v hrani, dobimo vrednost EE, torej vrednost dejanske vsebnosti proteinov (Zittlau in Kriegisch, 2001).

Živilo	g beljakovin na 100 g živila	PDCAAS	EE
• Jajca			
kokšje jajce, kuhano	12,4	1,0	12,4
• Mlečni izdelki			
kefir	3,7	1,0	3,7

mleko	3,3	1,0	3,3
harški sir	30,0	0,85	25,5
• Zelenjava			
grah, zeleni	6,6	0,70	4,6
čičerika	19,8	0,66	13,1
soja	35,9	0,92	33,0
sojina moka	37,3	1,0	37,3
• Meso in ribe			
ribe	17,0	0,94	16,0
govedina, nemastna	21,2	0,92	19,5
svinjska ribica	21,8	0,87	19,0



Slika 2: Hrana bogata s proteini (Pridobljeno 10.5.2010 iz <http://lifestyle.ena.com/Zdravje/Diete-in-hujsanje/Do-vitke-linije-po-pravilih-kombiniranja.html>)

2.3.3. METABOLIZEM IN ABSORPCIJA PROTEINOV

Proteini se v organizmu vnašajo s hrano, kjer jih razgrajujejo encimi proteaze. Razgradnja proteinov se začne v želodcu, kjer na njih deluje pepsin. Razgradnja se nadaljuje v dvanajstniku z delovanjem tripsina in himotripsina. Nastali peptidi se naprej razgrajujejo v tankem črevesu z delovanjem karboksipeptidaze do aminokislin. Aminokislina se absorbirajo v črevesnem traktu ter s krvjo potujejo do jeter in ostalih organov, kjer se iz njih sintetizirajo specifični peptidi in proteini.

Sinteza proteinov je kompleksen proces, v katerem sodelujejo:

- informacijska RNK, ki prenaša informacijo iz DNK (transkripcija)
- prenašalna RNK, ki prinašajo aminokislina na ribosome (translacija)
- ribosomi, sestavljeni iz proteinov in ribosomske RNK
- številni proteinski dejavniki

(Čvorišček in Čepelak, 2009).

Informacije, ki so shranjene v genomu, določajo primarno strukturo celičnih makromolekul in tečejo po poti DNK → RNK → proteini (beljakovine). Osrednji aparat, ki v vsaki celici organizma procesira informacije, deluje po principu replikacije (točna kopija), transkripcije (prepis) na RNK in translacije (prevod) na zaporedje aminokislin v proteinu *(Lasan, 2005).*

Beljakovine se v procesu prebave s pomočjo nekaterih encimov (pepsin, tripsin, himotripsin) najprej razgradijo na aminokislina. Te aminokislina, nastale pri prebavi beljakovin, organizem uporabi za tvorbo sebi lastnih beljakovin (anabolizem), lahko pa se spremenijo v maščobo ali ogljikove hidrate (glukoneogeneza) *(Dervišević in Vidmar, 2009).*

V metabolizmu beljakovin imajo pomembno mesto tudi nekateri hormoni. Raven teh in posledično njihov vpliv na metabolizem sta odvisna od številnih dejavnikov (starost, spol, način prehrane, telesna aktivnost, prisotnost bolezni ...) *(Dervišević in Vidmar, 2009).*

Uravnavanje metabolizma proteinov je živčna in hormonska. Učinki nekaterih hormonov:

- testosteron: pospešuje sintezo proteinov v mišicah
- inzulin: pospešuje vstop aminokislin v mišične celice, zmanjšuje potrebo po njihovem vključevanju v tvorbo energije
- rastni hormon: pospešuje sintezo proteinov
- glukokortikoidi: zmanjšujejo količino proteinov v celicah

(Čvorišček in Čepelak, 2009).

2.4. AMINOKISLINE

Med 21 aminokislinami, ki jih potrebuje človek, so za organizem pomembne zlasti esencialne aminokisliline. Organizem te esencialne aminokisliline nujno potrebuje, ne more pa jih tvoriti iz lastnih beljakovin, zato jih mora dobiti s hrano (Dervišević in Vidmar, 2009).

➤ Esencialne, to so za življenje nujne aminokisliline, ki jih organizem ne more sam izdelovati in tako dovajati s hrano:

- **izolevcin**,
- **levcin**,
- **lizin**: je pomemben za imunski sistem. Pospešuje zdravljenje herpesa, vnetij sluznice in dlesni,
- **metionin**: pospešuje razstrupljanje jeter in celjenje ran. Skrbi za boljšo koncentracijo,
- **fenilalanin**: izboljšuje pomnjenje in je naravno sredstvo proti bolečinam,
- **treonin**: pospešuje prebavo. Pomanjkanje treonina ima za posledico slab tek in izgubo telesne teže,
- **triptofan**,
- **valin**: pospešuje prenos kisika po krvi,
- **histidin**: je esencialen le pri dojenčkih,

- **arginin:** je esencialen le pri dojenčkih. Arginin pomembno sodeluje pri izdelovanju rastnih hormonov, skrbi za mladostni videz in napeto kožo;
 - neesencialne aminokislinae, ki jih organizem lahko izdeluje sam, če pojedemo s hrano dovolj dušika:
- **alanin:** je eno najpomembnejših gradiv za beljakovine,
- **asparaginska kislina:** pospešuje rast mišičja,
- **glutaminska kislina,**
- **glicin:** pospešuje rast mišičja in okostja. Pri uravnoveženi prehrani ga dovolj izdeluje telo samo,
- **hidroksilizin,**
- **ornitin:** pospešuje delovanje trebušne slinavke,
- **prolin:** je pomemben za izdelovanje beljakovin,
- **serin,**
- **tirozin:** blaži depresije in izčrpanost. Lahko učinkovito pomaga pri dieti, ker skupaj s fenilalaninom in metioninom sodeluje pri odpravljanju maščob iz telesa,
- **cistein,**
- **cistin:** varuje jetra pred zamaščenostjo, pospešuje izločanje težkih kovin in gradnjo kožnega tkiva (*Zittlau in Kriegisch, 2001*);
 - semiesencialne aminokislinae (kot na primer arginin in histidin), ki jih človeško telo lahko samo izdeluje le pod posebnimi pogoji v presnovi (*Zittlau in Kriegisch, 2001*).
 - taurin: (2-aminoetansulfonska kislina) je organska kislina. V laboratorijskih pogojih je jedka brezbarvna kristalna snov s tališčem pri 305,11° C. V človeškem telesu nastane iz aminokislinae cisteina, ob prisotnosti vitamina B6. Taurin je zelo pomemben tudi pri delovanju gibalnega mišičevja, delovanju srca, ter delovanju možganov, kjer zagotavlja pravilno raven kalijevih, magnezijevih ter natrijevih ionov ter pri razvoju možganov dojenčkov. Obstajajo tudi posredni dokazi da lahko deluje taurin kot

nevrotransmitter, saj pospešuje delovanje možganov (*Cram in Hammond, 1963*).

Naravne aminokisliline so levosučne ali desnosučne, njihove molekule so obrnjene v levo ali v desno. Človeški organizem lahko sprejme le tiste z levo obrnjenimi molekulami. Pod vplivom močne vročine ali sredstev za konzerviranje ali barvil postanejo aminokisliline desnosučne, s tem pa izgubijo sleherno vrednost v prehrani. Desnosučne aminokisliline so lahko celo škodljive, ker zavirajo absorpcijo levosučnih aminokislin v tankem črevesu.

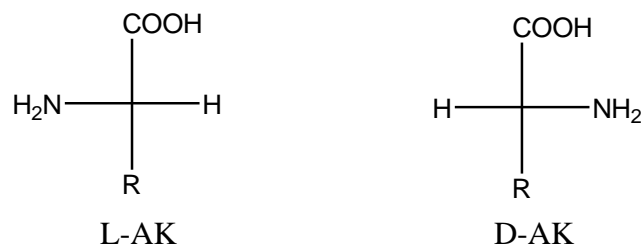
Veliko za zdravje pomembnih aminokislin vsebujejo naslednja živila:

- ribe,
- perutnina,
- jagnjetina in koštrunovina,
- kalčki,
- mlečni izdelki (skuta in sir),
- soja,
- tofu (sojin sir),
- čokolada

(*Zittlau in Kriegisch, 2001*).

2.4.1. KEMIJSKA STRUKTURA IN ZNAČILNOST AMINOKISLIN

Aminokisliline vsebujejo karboksilno (COOH) in aminoskupino (NH₂). Proteini so v organizmu človeka zgrajeni iz α-aminokislin – aminokisliline, pri katerih sta aminska in karboksilna skupina vezani na isti ogljikov (C) atom. Razen glicina, so vse ostale aminokisliline v stereoizomernih oblikah. Tistim aminokislinam, kjer se NH₂ nahaja levo od C – atoma, pravimo L – aminokisliline; tistim aminokislinam, kjer se NH₂ nahaja desno od C – atoma, pa pravimo D – aminokisliline (*slika 3*).



Slika 3: L – aminokislina in D – aminokislina (Pridobljeno 1.5.2010 iz http://www.farmadruštvo.si/gradivo.php?b=gradivo_p%2FFarmaceutska+kemija+II%2FPREDAVANJA)

Proteini so sestavljeni izključno iz L – aminokislin. Aminokislina so amfoterične spojine, to so spojine, ki se lahko obnašajo kot kisline ali kot baze. Aminokislina ima funkcijo baze, ko sprejema NH_2 skupina H^+ (vodikove atome), medtem ko se v alkalni sredini disociira H^+ iz karboksilne skupine in cela molekula postane negativna – te se obašajo kot anion. V vodni raztopini pri nevtralnici reakciji disociirata obe skupini: COOH sprošča, NH_2 pa sprejema H^+ , tako so aminokislina v dipolarni obliki (Čvorišćec in Čepelak, 2009).

Po kemijski strukturi se aminokislina delijo na:

- nevtralne,
- kisle in
- bazične.

Nevtralne aminokislina imajo eno karboksilno in eno aminoskupino, preostanek R (stranska veriga) je lahko nesubstituiran (glicin, alanin, valin, leucin, izoleucin), heterocikličien (prolin), aromatski (fenilalanin, tirozin, triptofan), tioeterski (metionin), hidroksilen (serin, treonin), merkaptanski (cistein) ali karboksiamidni (asparagin, glutamin).

Kisle aminokislina ali monoaminodikarbonske kisline imajo dve karboksilni skupini. To sta asparaginska in glutaminska kislina.

Bazične aminokislina ali diaminomonokarbonske kisline imajo, poleg $\alpha - \text{NH}_2$ skupine, še eno bazično skupino. Sem spadajo lizin, arginin in histidin (Čvorišćec in Čepelak, 2009).

2.4.2. METABOLIZEM AMINOKISLIN

Energija za proizvodnjo ATP se sprošča pri dveh kemičnih procesih:

- razgradnji glukoze – glikoliza,
- razgradnji organskih substanc ob prisotnosti kisika – oksidacija.

Oksidacija je kemični proces, ki ni vezan le na substrat in encime, ki so že v celici (tako kot pri glikolizi), temveč je zanj potreben kisik. Pri prenosu kisika iz zunanjega okolja do celic sodelujejo dihalna, srcežilna in kri.

V celicah oksidirajo: piruvična kislina, mlečna kislina, maščobne kisline, glicerol, aminokisline in ketonska telesa. Vse omenjene organske snovi vstopajo na skupno oksidacijsko pot prek spojine acetil koencim A.

Praden se aminokisline (beljakovine) priključijo skupni metabolični poti, se mora odcepiti amino skupina (NH_2); proces se imenuje deaminacija. Beljakovine imajo namreč, za razliko od maščob in ogljikovih hidratov, v svoji molekuli dušik, ki ga je potrebno poprej odstraniti. Prehod piruvične kisline v acetyl CoA je oksidacijska dekarboksilacija (odcepi se ogljikov dioksid in vodik) (*Lasan, 2005*).

Dušik, ki nastane pri oksidacijski deaminaciji aminokislin, se spremeni v amonijak, ki je zelo strupena spojina za živčne celice v možganih. Zato se amonijak v Krebsovem ciklu spremeni v ureo (sečnino) ter se prek ledvic izloča iz organizma. Sečnina je končni produkt metabolizma proteinov. Nadledvična žleza, ščitnica in estrogen stimulirajo razgradnjo mišičnih proteinov in v jetra pride s krvjo več aminokislin (*Čvorišček in Čepelak, 2009*).

Na ravni celice aminokisline služijo predvsem za sintezo človeku lastnih proteinov (anabolizem), ki omogoča telesno zgradbo, rast in razvoj, le redko pa so udeležene tudi pri tvorbi energije (katabolizem). V zadnjem primeru se v procesu oksidativne deaminacije (transaminacije) od aminokislin najprej odcepi aminoskupina amonijak, nastale ketokisline pa vstopijo v Krebsov cikel tvorbe energije. Amonijak, ki je strupen, telo v jetrih razgradi do sečnine, ki se z urinom izloči iz telesa. V normalnih okoliščinah aminokisline niso energijsko pomembne, je pa njihova vloga pri

zagotavljanju energije pomembnejša pri športni aktivnosti. Zlasti nekatere aminokisliline (valin, levcin, izolevcin – BCAA) naj bi bile lahko udeleženi tudi pri tvorbi energije (zlasti pri pomanjkanju OH-goriv – glikogena). Glukoneogeneza je proces pretvorbe aminokislin v glukozo oziroma glikogen. Tudi pri kakšni patologiji v organizmu so proteini lahko udeleženi v zagotavljanju energije (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

2.5. DOLGOTRAJNA VZDRŽLJIVOST

Vzdržljivost je sposobnost, ki omogoča, da se določen telesni napor (telesna aktivnost) izvaja daljši čas brez zmanjšanja njegove intenzivnosti (brez pojava utrujenosti). Utrujenost skrajšuje čas za športno aktivnost določene intenzivnosti (*Lasan, 2004*).

Značilnosti dolgotrajne športne aktivnosti:

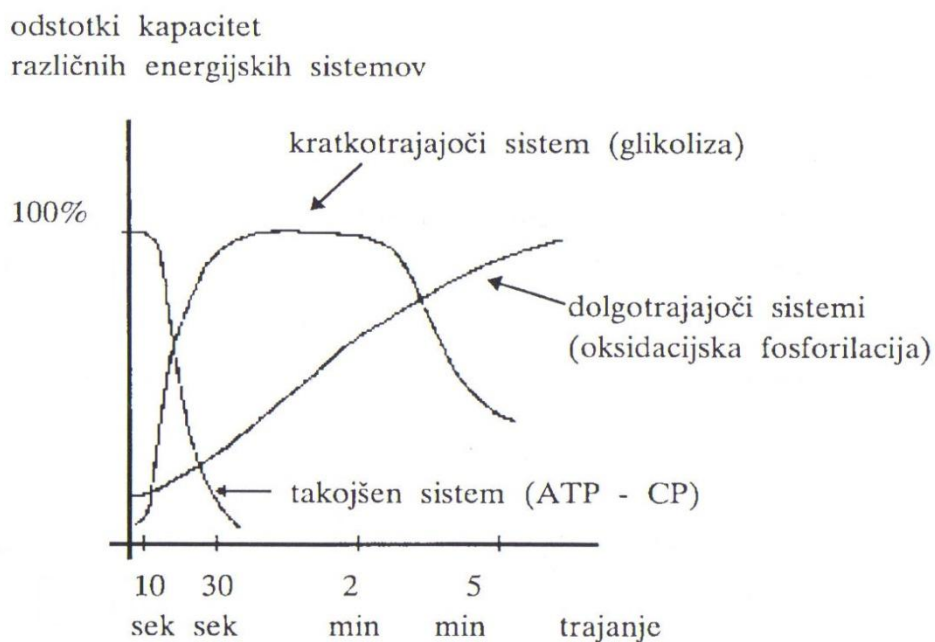
- dolgo trajanje aktivnosti: 2-4 ure (maraton), 4-6 ur (tek na 100 km, iroman triatlon), več kot 12 ur (večdnevni teki, kolesarjenje- RAAM);
- velika poraba energije: 4000-8000 kcal/dan, odvisno od telesne teže, trajanja in intenzivnosti obremenitve (4-kratni bazalni metabolizem);
- možnost izgube velike količine telesne tekočine (tudi do 10 in več litrov na dan);
- zmanjšanje mišične mase pri večdnevni obremenitvah (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

Najpomembnejša biološka osnova dolgotrajne vzdržljivosti so aerobni energijski procesi. Ti so edini zmožni dolgotrajne sprotne obnove porabljene energije. To zmogljivost omogočajo kisik, ki v mišice prihaja iz ozračja in primerna goriva: glikogen, glukoz, proste maščobne kisline in glicerol, ki so v dovolj velikih količinah v človekovem organizmu. Ti dejavniki določajo trajanje energijskih procesov. Pri dolgotrajni vzdržljivosti pa je posebej pomembna tudi moč teh procesov, saj določa, kako hitro se bo lahko porabljena energija sproti obnavljala. Zaradi tega tudi določajo

zgornjo mejo intenzivnosti napora. Ta meja je pri aerobnih naporih najbolj natančno definirana z največjo porabo kisika med naporom (Vo_2max) (Ušaj, 2003).

Ker mišice z naraščajočo intenziteto dela vedno bolj zaposlujejo anaerobne mehanizme, je pomembno, da ostaja vzdržljivostni trening v aerobnem okviru, to je v območju submaksimalnih delovnih obremenitev (Sperryn, 1994).

S podaljševanjem časa telesne aktivnosti (od 10 sek do 120 min) se spreminja procentualni odnos deleža anaerobnih energijskih virov (ATP, CP/glikoliza), prav tako pa tudi odstotkovni odnos med deležem anaerobne in oksidacijske energije. Ti odnosi so posledica različnih energijskih tempov posameznih kemičnih procesov. Najpočasnejši tempo (najmanjša količina razpoložljive energije na časovno enoto) imajo oksidacijski energijski procesi (slika 4) (Lasan, 2004).



SLIKA 4: Različni energijski sistemi in njihovo vključevanje pri različno dolgih maksimalnih telesnih naporih (Lasan, 2004)

Zgorevanje maščob se med treningom ne začne takoj, kajti najprej zgorevajo ogljikovi hidrati. Manjše količine glukoze so potrebne tudi pri zgorevanju maščob. Maščoba namreč zgoreva v »ognju ogljikovih hidratov«. V stanju lakote ali pretreniranosti se pri daljših enotah treninga v pridobivanje energije vključijo tudi

aminokislina, torej proteini. Sprožilec za to je očitno kritični padec razpoložljive glukoze. To seveda ni zaželeno, kajti aminokislina so dragoceni gradniki telesa, ki so zelo pomembni tudi za imunski sistem (*Gjerkeš, 2007*).

3. CILJI

Cilji tega diplomskega dela so sledeči:

- Predstaviti proteine in aminokislino.
- Predstaviti odziv organizma na vzdržljivostne športe.
- Predstaviti vpliv proteinov in aminokislin na sposobnost v vzdržljivostnih športih.

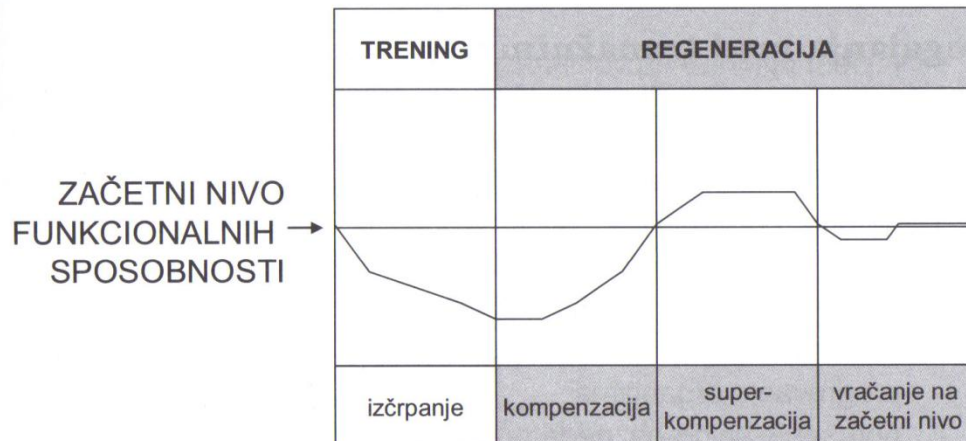
4. METODE DE LA

Pri pisanju diplomske naloge sem uporabil deskriptivno metodo dela. Pri zbiranju podatkov sem uporabil dosegljivo dokumentacijo ter ustrezno strokovno literaturo. Ustrezne članke in raziskave sem dobil v monografskih publikacijah (knjige, strokovne revije) ter na spletnih straneh.

5. RAZPRAVA

5.1. ZAKONITOSTI TRENAŽNO – TEKMOVALNEGA PROCESA

Treningi in tekmovanja so pomembni v življenju športnika. Osnovni sestavini trenažnega procesa sta trening in regeneracija, ki si izmenično sledita (*slika 5*).



Slika 5: Učinek trenažnega procesa na funkcionalno sposobnost športnika (Dervišević in Vidmar, 2009)

Bistvo trenažnega procesa je v pripravi organizma za obremenitve med tekmo. Trening vodi v utrujenost in izčrpanje organizma, regeneracija pa v ponovno vzpostavitev – obnovitev homeostaze in funkcionalnih sposobnosti (kompenzacija), kar omogoča ponovno obremenitev. Regeneracija v času počitka po treningu oz. izčrpanju vodi celo v izboljšanje funkcionalne sposobnosti športnika (superkompenzacija) glede na stanje pred treningom. Ponavljajoče se obremenitve ob zadostnem času za regeneracijo privedejo do transformacijskih procesov v organizmu, ki v končni fazi omogočajo lažjo prilagoditev telesa na zahtevane obremenitve (izboljšanje funkcionalne sposobnosti). Zagotovitev zadostne količine energije in počitka sta odločilnega pomena za uspešnost trenažno-tekmovalnega procesa (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

5.2. MIŠIČNA CELICA – ENERGIJA

Mišično krčenje je mehansko delo, za katero je potrebna energija. Tako kot vse celice organizma lahko tudi mišične celice za svojo aktivnost uporabljajo le kemično energijo, ki je zbrana v molekulah adenzinotriposfata (ATP); zato potekajo v mišičnih celicah sočasno z razgradnjo ATP-ja kemični procesi za njegovo resintezo (*Lasan, 2004*).

5.2.1. OBRAT ADENOZINTRIFOSFATA

1. **Fosfagenški mehanizem:** iz enega mola kreatinofosfata (CP) se resintetizira en mol adenzinotriposfata.
2. **Glikoliza:** iz enega mola glukoze se resintetizirata dva mola adenzinotriposfata. Glukoza se anaerobno razgradi do piruvata, pri čemer nastaja energija za sintezo ATP in iz NAD.H₂ nastane NAD. NAD.H₂ se oksidira z oddajanjem H₂ piruvični kislini; nastaneta NAD in mlečna kislina.
3. **Oksidacijska fosforilacija:** iz enega mola glukoze se resintetizira 36 molov adenzinotriposfata. V Krevsovem krogu se tvori NAD.H₂, ki se oksidira v oksidacijski (dihalni) verigi, tako da se H₂ in ½ O₂ iz zraka vežeta v vodo, energija pa se porabi za sintezo ATP (*Lasan, 2004*).

Glede na trajanje aktivnosti, prehaja mišična celica iz enega energijskega vira na drugega. S podaljševanjem časa telesne aktivnosti (od 10 sekund do 120 minut) se spreminja procentualni odnos deleža anaerobnih energijskih virov (ATP, CP/glikoliza), prav tako pa tudi odstotkovni odnos med deležem anaerobne in oksidacijske energije (*Lasan, 2004*).

Aktivnost posameznih energijskih sistemov je pod vplivom:

- razmerja med količino ATP in ADP v mišični celici,
- koncentracije acetyl CoA v mišični celici (povečanje njegove koncentracije aktivira encim karboksilazo piruvične kisline; posledica je povečanje koncentracije oksalocetne kisline),
- razmerje med količino NAD in NAD H₂ v mišični celici (*Lasan, 2004*).

5.3. TIP MIŠIČNE CELICE

Mišične celice se med seboj razlikujejo po dveh kriterijih:

1. Po hitrosti krajšanja oziroma hitrosti naraščanja napetosti v mišični celici se delijo na **hitre** in **počasne**. Maksimalna hitrost krajšanja oziroma naraščanja napetosti v mišični celici, je odvisna od gostote miozinskih nitk in aktivnosti miozin ATP-aze.
2. Po encimskem vzoru in količini encimov za resintezo ATP-ja se delijo na **oksidacijske** in **glikolitične**. Hitrost resinteze ATP-ja je odvisna od encimskega vzorca in količine in aktivnosti encimov v mišični celici.

Po teh dveh kriterijih se mišične celice delijo na:

- oksidacijske počasne (tip I)
- oksidacijske hitre (tip IIA)
- glikolitične hitre (tip IIB)

(*Lasan, 2004*).

V populaciji je 50-55% mišičnih celic tipa I, okrog 30-35% tipa IIA, in 15% tipa IIB; ti deleži močno variirajo med posamezniki. Športniki vzdržljivosti imajo lahko do 80% mišičnih celic tipa I, športniki eksplozivnosti pa le 30% celic tega tipa (*Lasan, 2004*).

5.4. DOGAJANJA MED TRENAŽNIM NAPOROM

Trening je nenavadna situacija, ki za organizem pomeni obremenitev, na katero se poskuša prilagoditi s pomočjo vseh razpoložljivih mehanizmov. Končni namen treninga je ravno prilagajanje organizma na povečane obremenitve, pričakovane na tekmovanju. Posledice obremenitve med treningom se izkažejo s številnimi dogajanja oz. spremembami v organizmu. Sem spadajo:

- dehidracija,
- pregrevanje organizma,
- porušenje acido-baznega ravnotežja (acido-bazni status),
- redukcija energetskih rezerv (glikogena),
- kisikov dolg (anaerobne aktivnosti),

- tvorba mlečne kisline v mišicah (zakisanost organizma),
- povečan katabolizem beljakovin (prizadetost mišic) in tvorba amonijaka (zastrupljanje organizma),
- redukcija fosfatov in bikarbonatov,
- utrujenost

(Dervišević in Vidmar, 2009).

5.5. SPLOŠNA AEROBNA VZDRŽLJIVOST

Med telesnim naporom je preskrba mišičnih celic s kisikom nemotena. Energija za mišično krčenje se sprošča pri oksidaciji ogljikovih hidratov in maščob. Telesna aktivnost je torej odvisna od oksidacijske (aerobne) energijske kapacitete posameznika. Maksimalna količina oksidacijske energije je opredeljena z maksimalno količino kisika, ki jo lahko posameznik porabi v enoti časa ($VO_2\max$). Maksimalna poraba O_2 (ali aerobna kapaciteta, ali aerobna sposobnost) je pomemben posamezni pokazatelj telesne delovne sposobnosti posameznika. Oksidacijska kapaciteta posameznika je omejena s:

- funkcionalno sposobnostjo organskih sistemov, ki sodelujejo pri transportu O_2 (dihalni sistem: ventilacija, difuzija; srčno-žilni sistem: minutni volumen srca, volumen cirkulirajoče krvi, prerazporeditev cirkulacije; kri: oksiforna kapaciteta krvi),
- sposobnostjo mišičnih celic, da porabijo razpoložljiv O_2 (število mitohondrijev, količina mioglobina, kapilarna mreža, vzorec in aktivnost encimov – oksidacijska fosforilacija)

(Lasan, 2004).

5.5.1. DOLGOTRAJNA SPLOŠNA AEROBNA VZDRŽLJIVOST

Značilnosti dolgotrajne splošne aerobne vzdržljivosti:

- čas trajanja telesnega napora: > 30 minut
- viri energije: posameznik porablja svojo maksimalno količino oksidacijske energije 80-85%

- omejevalni dejavniki: - količina glikogenskih rezerv (jetra, mišice); - učinkovitost izrabe maksimalne količine O₂; - velikost relativne maksimalne porabe O₂; - kapilarizacija (prerazporeditev cirkulacije) (Lasan, 2004).

Oksigenacija tkiv (mišic) je neposredna posledica treh dejavnikov:

- prekrvavljenosti tkiv (minutni volumen srca, prerazporeditev cirkulacije)
- oksiforne kapacitete krvi (koncentracija aktivnega hemoglobina, koncentracija eritropoetina)
- sposobnost celic, da porabijo prinesen kisik (arterio-venska razlika kisika).

Znaki utrujenosti transportnega sistema za O₂ pri dolgotrajni splošni aerobni vzdržljivosti:

- a) zmanjša se utripni volumen srca (za 10-15%) zaradi utrujenosti srčne mišice; minutni volumen srca se vzdržuje s povečanjem frekvence (ekonomičnost delovanja srca pada)
- b) zniža se sistolični krvni tlak, ker se zmanjša utripni volumen in vazokonstrikcija arteriol
- c) zmanjša se ekonomičnost dihanja; povečevanje minutnega volumna ventilacije je neučinkovito
- d) pojavi se hemokoncentracija (voda iz plazme pronica skozi kapilarne stene, ker se poveča njihova propustnost); s tem se poveča viskoznost krvi, kar otežuje cirkulacijo

(Lasan, 2004).

5.6. DOLGOTRAJNA ŠPORTNA AKTIVNOST IN PREHRANA

Glikogen v aktivih mišicah se pri intenzivnem treningu lahko porabi že po 45 minutah. Količina glikogena pri treniranem športniku znaša okoli 500 gramov, zato se pri dolgotrajnih aktivnostih zanesljivo izčrpa. Vključevanje prostih maščobnih kislin kot vira energije pomeni zmanjšanje možne intenzivnosti športne aktivnosti (upočasnitev teka), omogoča pa nadaljevanje aktivnosti tudi ob izčrpanju glikogenskih rezerv. Uživanje energetskih napitkov med tekmo omogoča zakasnitev pojava utrujenosti.

Pogoji za športno uspešnost pri dolgotrajnih športnih aktivnostih so: zapolnitev glikogenskih rezerv pred tekmovanjem, nadomeščanje izgubljene tekočine in energijske izgube s pravočasno vključitvijo OH-dodatkov med telesno obremenitvijo ter čim hitrejša rehidracija in energijska regeneracija po obremenitvi.

Glikogenska superkompensacija je metoda maksimalnega polnjenja glikogenskih rezerv pred tekmo, ki omogoča »zakasnitev« pojava utrujenosti med dolgotrajno tekmo. Glikogeno polnjenje pride v poštev pri športih, ki trajajo več kot 60-80 minut in so srednje do visoko intenzivni. Športi, kjer je koristno glikogeno polnjenje pred tekmo, so: maraton, kolesarjenje, smučarski teki, daljinsko plavanje, triatlon in nogomet (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

Ultravzdržljivostni športi (več kot štiri ure) uporabljajo prilagoditvene mehanizme močnejšega vključevanja oksidacije maščobnih kislin v energetiko, zato je pri treningih priporočljiva čim bolj normalna prehrana, ki to omogoča, glikogeno polnjenje pa vključimo le pred začetkom. Potreba po dodatnem vključevanju maščob v prehrano v takšnih primerih še ni dokončno raziskana, čeprav so nekateri poskusili tudi s polnjenjem maščob (fat loading) 2-4 tedne pred tekmo in bili pri tem uspešni (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

5.7. PROTEINI IN PROTEINSKI HIDROLIZATI V ŠPORTNI PREHRANI

Proteini in proteinski hidrolizati postajajo vse bolj popularni v športni prehrani. Energijske tablice in športne pijače, ki so se pojavile na tržišču, vsebujejo aminokislino in proteinske hidrolizate.

V raziskavah zadnjih dveh desetletjih, so nekateri vsaj deloma pripisovali napredek v športni prehrani, kjer so raziskovali pomembnost aminokislin in proteinov. V zadnjem času je v športni znanosti veliko zanimanja za ergonomske lastnosti proteinov in aminokislinskih dodatkov ter dodatkov iz proteinskih hidrolizatov. Predvsem je zanimanje osredotočeno na mišični nivo in na izvajanje vaj. Posledično je pogosto zanemarjen vpliv črevesja na prebavo proteinov in proteinskih hidrolizatov ter poznejšo absorpcijo aminokislin in majhnih peptidov. Zaradi omejenih informacij na področju prebave in absorpcije proteinov, predvsem v povezavi s telesno aktivnostjo,

je potrebnih več raziskav za razumevanje potencialne vloge črevesja v prehranbenem uravnavanju metabolizma proteinov. Ravno na to temo je Moughan predstavil koncept, da imajo bioaktivni peptidi, ki se med prebavo sproščajo iz beljakovinske hrane, širok obseg fizioloških učinkov z občutnimi učinki na črevesno funkcioniranje. Nivo proteinske hidrolize lahko uravnava naraščanje in upadanje proteinov v črevesju. Uživanje močno hidroliziranih proteinov povzroča podobne učinke na črevesni proteinski metabolizem kot aminokislina, in ne povečuje izgubo endogenih proteinov iz tankega črevesja v debelo črevo. Nato je Deutz prikazal, da lahko intenzivno delovanje, kot je povezava med notranjostjo črevesja in drugimi deli, nadzira in transportira aminokislina iz proteinske hrane skozi dojetno dovodnico do jeter. Po zaužitju proteinov, se 30-50% aminokislin uporabi za sintezo proteinov v črevesju. Količina in kvaliteta beljakovinske hrane, prisotnost ogljikovih hidratov, maščob in vlaken v obroku, so faktorji, ki vplivajo na ohranitev aminokislin v črevesju (*Van Loon, Kies, A.K. in Saris, 2007*).

Meeusen je poskušal raziskati vlogo aminokislin pri uravnavanju centralne izčrpanosti v možganih. Zaradi sprememb v koncentraciji serotonina, dopamina in noradrenalina, nastopi izčrpanost med podaljšano telesno aktivnostjo. Čeprav lahko nevrottransmiterji v možganih prispevajo k centralni izčrpanosti med podaljšano telesno aktivnostjo, pa upravljanje teh sistemov s prehrano (aminokislina), še ni dovolj raziskano (*Van Loon idr., 2007*).

Izčrpanost med športno aktivnostjo se pojavi zaradi:

- metaboličnih sprememb v mišicah, ki nazadnje vodijo v mišično utrujenost in
- sprememb v centralnem živčnem sistemu, ki zmanjša prehod motoričnega nevrona do mišic. Tem spremembam pravimo **centralna izčrpanost**.

Centralna izčrpanost se rezultira v dvigu koncentracije **nenasičenih maščobnih kislin** (NEFA) v serumu, ki posredno spodbuja vhod **triptofana** (TRP) v možgane ter posledično stimulira sintezo in sproščanje nevrottransmiterja **serotonina**.

TRP in NEFA se vežejo na albumine v krvi – ti dve vezavi sta konkurenčni. Delež TRP v krvi, ki se veže na albumine je odvisen od sprememb v koncentraciji NEFA. Če koncentracija NEFA v krvi naraste, potem NEFA molekule zamenjajo TRP molekule v albuminih. Vezava molekul na serumske proteine lahko upočasni absorpcijo proteinov v tkiva. To pa pomeni, da je prosti TRP bazen del aminokislin, ki prehajajo

v možgane. Znanstveniki so ugotovili, da telesna vadba povečuje sintezo in sproščanje serotonina v možganih, zaradi naraščanja koncentracije NEFA v plazmi, ki vodi v dvig koncentracije TRP ter posledično v prehajanje TRP v možgane. Povečana koncentracija TRP v možganih pa izzove sintezo serotonina, saj encim, ki katalizira stopnje serotoninske sinteze, ni popolnoma nasičen s substratom pri normalni koncentraciji TRP v možganih (*Fernstrom in Fernstrom, 2006*).

BCAA aminokislina (levcin, izolevcin in valin) so transaminirane v mišicah z α - ketokislinami, ki se izkoriščajo za glukoneogenezo v jetrih. Med vzdržljivostno vadbo se aminokislinski bazen vzdržuje z razpadom mišičnih proteinov. Oksidacija BCAA v mišicah pogosto presega njihovo zalogo iz proteinov med daljšo vzdržljivostno vadbo. Kot rezultat, koncentracija BCAA v krvi upada, posledica tega pa je prehajanje triptofana v možgane in zvišanje serotonina v možganih. Ena izmed posledic teh učinkov je lahko centralna utrujenost (*Ohtani, Sugita in Maruyama, 2006*).

5.8. PROTEINSKI DODATKI V ŠPORTU

Če ne gre za posamezne aminokislina ali skupek teh, beljakovinski preparati za športnike najpogosteje vsebujejo jajčne beljakovine, beljakovine iz sirotke ali mleka – kazein. Za uspešno mišično regeneracijo se proteinski dodatki uporabljajo skupaj z ogljikovimi hidrati navadno takoj po športni aktivnosti v količini do 30 gramov. Beljakovinski dodatki so proteinski koncentraciji, sestavljeni iz aminokislin. Vsebovali naj bi čim več esencialnih aminokislin (valin, triptofan, treonin, lizin, levcin, izolevcin, histidin, metionin, fenilalanin), ki jih organizem nujno potrebuje. Pa tudi nekaterih drugih, pomembnih v prehrani športnika (arginin, glutamin, cistein) (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

Aminokislina razvejanih verig – BCAA (levcin, izolevcin, valin) se uporabljajo posamezno ali v kombinaciji. Preprečujejo katabolizem beljakovin med obremenitvijo (delujejo anabolno). Nekateri menijo, da imajo poleg zavore centralne utrujenosti tudi energetski pomen pri dolgotrajni športni aktivnosti (sinteza alanina in prek

Krebsovega cikla tvorba glukoze, vloga pri tvorbi mišičnega glikogena – glukoneogeneza) (Dervišević in Vidmar, 2009).

Če se poleg vadbe z utežmi trenira tudi aerobno, se potrebe po proteinih nadalje povečajo, ker se v času intenzivnega aerobnega treninga nekatere aminokisliline (zlasti tiste razvejanih verig), porabijo za energijo. Levcin se tako razgraja v alanin, ta pa v jetrih v sladkor. Zato je potrebno jemati dodatke levcina ali razvejanih verig aminokislin. V času intenzivnega treninga prihaja do velikih sprememb v metabolizmu aminokislin. Zato so potrebne velike količine proteinov v obliki razpoložljivih aminokislin, da se obnovijo poškodovana mišična vlakna in zgradijo nove mišične skupine na drugi strani (Kulier, 2001).

5.9. PROTEINI IN AMINOKISLINE V PREHRANI VZDRŽLJIVOSTNEGA ŠPORTNIKA

Veliko vzdržljivostnih športov so panoge znotraj atletike, cestni tek, teki na smučeh, hitra hoja, kolesarjenje (sliki 5 in 6). Ti športniki, navadno vrhunski, tečejo na 5000 in 10000 metrov, maratone. Hitra hoja vključuje 20 in 50 kilometrov dolge proge, tekači na smučeh pa tekmujejo na 8 kilometrov (ženske) in 12 kilometrov (moški). Zaradi teh velikih distanc ima športna prehrana pomembno vlogo pri vzdržljivosti teh športnikov, predvsem za doseganje njihovih trenažnih in tekmovalnih ciljev (Burke, Millet in Tarnopolsky, 2007).



Slika 6: Ljubljanski maraton (Tek. Pridobljeno 16.5.2010 iz http://www.egss.si/dijaki/razredi%200809/2ga/vid_soklic_/tek.htm)



Slika 7: Kolesarji na tekmi Tour de France 2005 (solarnavigator.net, 2005, pridobljeno 16.5.2010 iz http://www.solarnavigator.net/sport/tour_de_france.htm)

Pri vzdržljivostnih športih se 95% energije proizvaja iz aerobnega metabolizma. Med tekmovanjem pri teh športih pa so kritični trenutki, ki zahtevajo anaerobno moč, npr. pri poskokih, vzponih in finišu. Faktorji, ki vplivajo na vzdržljivost so trajanje aktivnosti, dejavniki okolja in prehrana. Eden izmed najpomembnejših faktorjev za uspešnost na takšnih tekmah, je prav prehrana, saj jo lahko nadzorujemo s prehrambenimi strategijami, kot so: ravnovesje tekočine, razpoložljivost ogljikohidratnega goriva ter kislino-bazično ravnovesje iz anaerobne glikolize (*Burke idr., 2007*).

Glavno gorivo za vzdržljivostno vadbo so ogljikovi hidrati in maščobe. Oksidacija aminokislin prispeva 5% ali manj skupe ATP oskrbe. Spol in razpoložljivost ogljikovih hidratov sta dejavnika, ki vplivata na količino energije, pridobljene iz proteinov. Kljub relativno majhni vlogi, ki izvira iz oksidacije substratov, pa akutna podaljšana telesna vadba povzroča občutne spremembe v mišicah pri sintezi in degradaciji proteinov ter posredno pri metabolizmu aminokislin (*Gibala, 2007*).

Proteini pomagajo vzdrževati tekočino in elektrolitsko ravnovesje, kar je pomembno za vzdržljivostne športnike, ki izgubljajo velike količine med vsakdanjimi treningi. Aminokislina vsebujejo vodik, ogljik, kisik in dušik. Človeška mišica je sposobna oksidacije nekaterih aminokislin: levcin, izoleucin, aspartat, asparaginska kislina, glutamin, valin in lizin. Levcin je edini, ki predstavlja manjši vir energije med daljšo telesno aktivnostjo (*Lamont, 2003*).

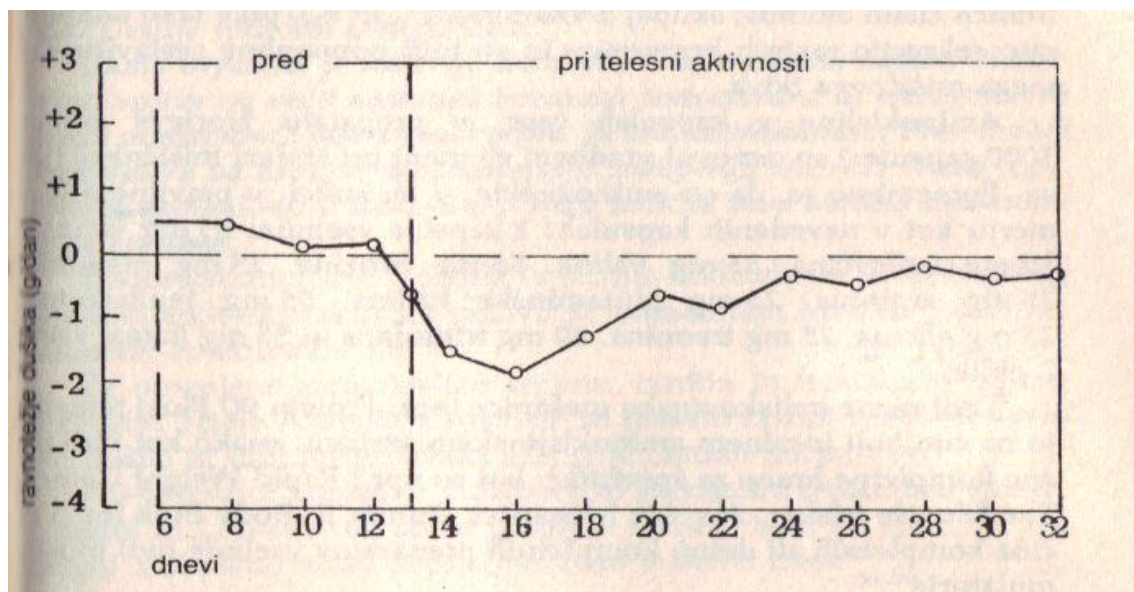
Ko se levčin med telesno aktivnostjo metabolizira, se sprosti ogljik v izdihnen zrak kot CO₂. Intenzivnost je odločilen dejavnik za stopnjo oksidacije levčina, saj večja kot je intenzivnost vadbe, višja je stopnja oksidacije levčina. Med vzdržljivostno aktivnostjo oksidirajo moški več aminokislin kot ženske. Poleg tega, respiratorni kvocient (RQ) moških športnikov izraža povečano opiranje na aminokislino in ogljikove hidrate (55%), kot na maščobo (45%), za vir energije. Vzdržljivostna aktivnost sočasno poveča katabolizem proteinov in zmanjša sintezo novih proteinov. Med aktivnostjo, nekatere aminokislino prispevajo h glukoneogenezi- proces, kjer se 16 aminokislin lahko spremeni v glukozo v jetrih (*Lamont, 2003*).

Športnik potrebuje aminokislino za rast mišic, za sproščanje rastnih hormonov in pri regulaciji različnih biokemičnih procesov v telesu (npr. pri hitrejšem zgorevanju maščob). Glavni vzrok, da se med telesno aktivnostjo ne sintetizirajo beljakovine je pomanjkanje energijskih hranil. Med telesno aktivnostjo je večja razgradnja beljakovin kot pa je nastajanje novih beljakovin. Med počitkom pa je v aktivni mišici večji nastanek beljakovin kot je razgradnja, pod pogojem, če je ponudba aminokislin zadostna (*Pokorn, 1991*).

5.9.1. PROTEINSKE ZAHTEVE ZA VZDRŽLJIVOSTNE ŠPORTNIKE

Danes velja mnenje, da naj bi bila količina zaužitih beljakovin 1,2-1,4 g/kg telesne teže na dan zadostna pri večini vzdržljivostnih športov. Za športe moči in hitrosti naj bi bila ta količina malo večja (1,4-1,8 g/kg TT/dan) (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

Zaradi velike količine in intenzivnosti treningov vzdržljivostnih športnikov, so proteinske zahteve skoraj dvakrat večje od neaktivnih posameznikov. Tudi za malo manj trenirane posameznike (rekreativce), je povečana potreba po proteinih zaradi dušikovega ravnovesja (*slika 7*). Čeprav nobena študija ni točno izračunala proteinske zahteve za vrhunske ženske tekačice, pa dušikovo ravnovesje nakazuje, da so te zahteve 25% nižje od moških, t.j. 1,2-1,3 kg na dan (*Burke idr., 2007*).



Slika 8: Ravnotežje dušika pri mladih moških med tritedensko povečano telesno aktivnostjo (9,9 Kcal/min; 20 min/dan). Ravnotežje dušika v g/dan je prikazano na ordinatni osi (Pokorn, 1991)

O optimalnem vnosu proteinov za športnike lahko govorimo, ko:

- proteini podpirajo športnikovo sposobnost za obnavljanje in nadomeščanje poškodovanih proteinov;
- je prilagojeno remodeliranje proteinov v strukturah, kot so mišice, kosti, kite in ligamenti, za boljše zoperstavljanje obremenitvam in naporom med treningi in tekmovanju;
- je vzdrževana optimalna funkcija vseh presnovnih poti, kjer sodelujejo aminokislina (oksidativna goriva);
- je povečana mišična masa;
- je vzdrževana optimalna funkcija imunskega sistema;
- je vzdrževana optimalna raven proizvodnje vseh plazemskih beljakovin, potrebne za optimalno fiziološko funkcioniranje.

Nekateri strokovnjaki so mnenja, da naj optimalni nivo vnosa proteinov s hrano ne bi dosegel pretiranega povečanja produkcije sečnine ter večje izgube aminokislin z

oksidacijo, kot je potrebno za optimalno funkcioniranje. Zakaj je temu tako? Zakaj enostavno ne zaužijemo veliko proteinov, samo da se prepričamo, da je dovolj? Enostavna razlaga je, da je nazadnje dušik še vedno strupen za človeški metabolizem in se ga ne more shranjevati v aminokislinskem bazenu v jetrih. Posledično se presežek zaužitega dušika rezultira v produkciji sečnine. Zato je pomembno, da se zaužitje proteinov vrednoti iz obroka v obrok, saj se samo tako zaužiti dušik takoj obdela in vpliva na nivo sečninske produkcije in oksidacije aminokislin. Strokovnjaki so mnenja, da doza 10-ih gramov esencialnih aminokislin, maksimalno stimulira mišično proteinsko sintezo. Iz zdravstvenega vidika, se presežek proteinov s hrano rezultira v zmanjšani maksimalni kostni gostoti ter v poškodovani ledvični funkciji (*Phillips, Moore in Tang, 2007*).

Nekateri športni nutricionisti verjamejo, da povečan vnos proteinov pri treniranih športnikih pomaga pri obnovi aminokislin, ki izgorevajo med vzdržljivostnim treningom, ter sodelujejo pri po-vadbeni mišični obnovi. Vendar pa so te hipoteze še vedno le domnevne, kar dokazujejo različne študije.

Opravljeni sta bili dve študiji, ki sta ugotavljali razlike v nivoju oksidacije levcina med treniranimi in sedečimi posamezniki. Ena študija je imela reprezentativne vzorce, druga pa je raziskovala s ponavljajočimi meritvami. Obe sta dobili malo dokazov o povečani oksidaciji levcina pri treniranih posameznikih. Spet druga študija je opazovala posameznike v 38-dnevnem vadbenem programu. Ugotovili so, da se oksidacija aminokislin med aktivnostjo ni spremenila zaradi vadbe. Vse te študije nasprotujejo domnevam, da športniki oksidirajo več aminokislin za energijsko gorivo, kot sedeči posamezniki. Hkrati s temi ugotovitvami se postavlja vprašanje, če vzdržljivostni športniki res potrebujejo večji dnevni vnos proteinov (*Lamont, 2003*).

5.9.2. ČAS VNOSA PROTEINOV IN AMINOKISLIN

Ključni faktor pri uravnavanju prilagojenega odziva na trening je čas vnosa proteinov. Tipton je poročal o tem, da se uživanje aminokislin pred treningom rezultira v večjem odzivu na mišično sintezo proteinov, kot uživanje aminokislin takoj po športni aktivnosti. Veliko je dokazov, ki opisujejo, da lahko uživanje proteinov oz. proteinskih

hidrolizatov med vzdržljivostnim tipom vadbe, očitno izboljša rezultat (*Van Loon, Kies in Saris, 2007*).

Vnos proteinov med in po vzdržljivostni vadbi, ima pozitivno vlogo pri povečanju mišično glikogenske obnove v mišicah in za zmanjšanje mišičnih poškodb (*Tripton, 2008*).

5.9.2.1. VNOS PROTEINOV MED VZDRŽLJIVOSTNIM TRENINGOM

Raziskave so pokazale, da vnos ogljikovih hidratov izboljša zmogljivost med podaljšano aktivnostjo z zagotovitvijo goriva za mišično delo ter za spodbujanje tekočinskega ravnovesja. V zadnjem času pa strokovnjaki ugotavljajo, da dodajanje majhne količine proteinov v določene športne napitke, izboljša vzdržljivostno zmogljivost za 30%, v primerjavi z običajnimi športnimi napitki brez dodanih proteinov. Te ugotovitve so zanimive, vendar pa je bila uporaba v praksi ovirana z načinom izvajanja raziskav. Prvič, količina ogljikovih hidratov v športnih napitkih je bila manjša od optimalne za vzdržljivostno zmogljivost in drugič, testa niso izvajali v tekmovalnih okoliščinah.

Opravljen je bil raziskava, kjer so ugotavljali, ali imajo športni napitki s proteinskimi dodatki boljši učinek na rezultat pri kolesarjenju na 80 kilometrov, kot ogljikovo hidratni napitki brez proteinov. Prišli so do zaključka, da športni napitki z dodanimi proteini ne vplivajo na izboljšanje vzdržljivostne sposobnosti. Se pravi, da vnos proteinov med treningom ne izboljšuje akutne vzdržljivostne sposobnosti (*Gibala, 2007*).

5.9.2.2. VNOS PROTEINOV PO TRENINGU/TEKMI

Trening v tekmovalnem športu je navadno takšne intenzivnosti in takšnega trajanja, da skoraj redno pripelje do izpraznitve mišičnega glikogena. Hitrost obnove glikogena v mišicah je največja v prvih urah po treningu, ko znaša 7-8 % na uro. Zaradi teh

ugotovitev se zdi, da je za uspešnost energijske regeneracije odločilno uživanje ogljikovih hidratov z visokim glikemičnim indeksom čim prej po treningu.

V prvih šestih urah po treningu je priporočljivo več manjših ogljikovo hidratnih obrokov z manjšo količino proteinov in maščob. Večje količine proteinov in maščob lahko zmanjšajo apetit in tako otežujejo zaužitje potrebne dnevne količine ogljikovih hidratov in so zato prihranjene za kasnejši obrok. V zadnjem času se poudarja pomen majhnih količin beljakovin tudi že v obroku takoj po tekmi. Priporočljivo razmerje OH : B = 3-4 : 1 pospeši zapolnitev energetskih rezerv in obnovo mišičnega tkiva (*Dervišević in Vidmar, 2009*).

Raziskave kažejo, da je vnos proteinov skupaj z ogljikovimi hidrati, med regeneracijo po vzdržljivostnem treningu, lajša absorpcijo aminokislin ter spodbuja akrecijo proteinov. Ta posledica lahko nastane zaradi stimulacije aminokislin (predvsem levcina), ki signalizirajo poti za nadzor mišično proteinske sinteze. Vendar pa je to dokazano samo po akutnem treningu moči. Veliko strokovnjakov športne prehrane je istega mnenja, da vnos velike količine ogljikovih hidratov v pogostih intervalih (1,2 g ogljikovih hidratov na kilogram telesne teže na uro) izničuje prednosti dodanega proteina. Vendar pa lahko vnos proteinov skupaj z ogljikovimi hidrati, izboljša obnovo glikogena, ko je količinski vnos ogljikovih hidratov nezadosten (*Gibala, 2007*).

Primerna količina proteinov v obliki zrezka brez masti ali na žaru pečenega piščanca, spodbudi rast in popravi mišičnih tkiv po treningu. Uživanje proteinov v večernem obroku se dobro ujema tudi s sproščanjem rastnega hormona, ki pri ljudeh spodbuja zgradbo kostno-mišičnih proteinov, poveča raven krvne glukoze in okrepi popravo poškodovanega mišičnega in kostnega tkiva (*Armstrong, 2002*).

5.9.3. VPLIV PROTEINOV IN AMINOKISLIN NA VZDRŽLJIVOST

Vnos proteinov in aminokislin temelji na produkciji in aktivaciji inzulina, skupaj z zaužitjem proteinov in ogljikovih hidratov. Uživanje proteinov in ogljikovih hidratov pa je povezano z boljšim odstranjevanjem glukoze, z aktivacijo glikogenske sinteze ter s poznejšim pospeševanjem mišičnega glikogena po športni aktivnosti. Uživanje

proteinov med okrevanjem po športni aktivnosti, lahko pospeši sintezo glikogena v mišicah, če se v prvih urah okrevanja zaužije manj kot 0,8-1,0 gram ogljikovih hidratov na kilogram telesne teže na uro.

Koopman je opisal potencialne aminokislina, ki delujejo kot učinkovita prehrabena signalizacija molekul, da aktivirajo poti, ki uravnavajo mišično sintezo proteinov. V zadnjem času se je ustvarilo veliko dokazov o tem, da je uživanje proteinov po športni aktivnosti nujno za aktivacijo procesa prepisovanja iz RNK v mRNK (informacijska ribonukleinska kislina) na miocelični ravni (*Van Loon idr., 2007*).

Pri treningu vzdržljivosti je pomembno ravnovesje pri izgubi levcina, to je aminokislina, ki oksidira v precejšnji velikosti med vzdržljivostno aktivnostjo ter vzdržuje povečano sintezo proteinov, ki se pojavi po takšni vadbi.

V longitudinalni študiji so *Hartman in sod. (2006)* opazovali povečanje mišične mase s treningom z utežmi, ki kaže na večjo ekonomičnost ohranjanja dušika, če športnik zaužije določeno zadostno količino proteinov in energije, da pokrije potrebe po napornem programu treningov v 12-ih tednih. Možno je, da je anabolni proces pri dvigovanju uteži dovolj širši, da stimulira mišično sintezo proteinov ter s tem tkivo postane večje mesto za odlaganje aminokislin. Vadba za moč je v osnovi anabolična in stimulira sintezo proteinov, tako da je izguba aminokislin zmanjšana za 48 ur. Nasprotno pa je anabolična narava vzdržljivostne vadbe veliko šibkejša. Izboljšanje zadrževanja aminokislin v mišicah je bolj prehodno pri vzdržljivostnem treningu.

Veliko je dokazov o tem, da oskrba s proteini in aminokislinami povečuje sintezo proteinov ter pozitivno proteinsko ravnovesje po vzdržljivostni vadbi in vadbi za moč. Vendar pa v nobeni študiji ni točno ugotovljeno, koliko več proteina je potrebno za povečanje mišično proteinske mase. Potrebna je razprava o tem, koliko več proteina je potrebno za vzdržljivostne športnike, saj vzdržljivostna vadba povečuje oksidacijo aminokislin. Ugotovljeno je, da od vseh aminokislin, samo levcin oksidira pri zvišanju temperature med telesno vadbo (*Phillips idr., 2007*).

Strokovnjaki so ugotavljali porabo proteinov med počitkom in med dvourni obremenitvijo na kolesu (pri 55% maksimalni porabi kisika), pri treniranih in netreniranih športnikih. Opazili so tudi, da je izkoristek proteinov med aktivnostjo slabši kot pri poskusnih osebah, ki so počivale, pri čemer so imele osebe z dobro kondicijo znatno boljši izkoristek proteinov kot netrenirane. Zmerno do težko delo

poveča potrebe po proteinih, ker vključuje tudi dušik, ki se izgublja z znojenjem. Strokovnjaki so opazili zmanjšan nivo hemoglobina med telesno obremenitvijo pri osebah, ki so dobivale v vsakdanji prehrani do 1,5 g beljakovin na kg telesne teže, ni pa opazil znižanega nivoja hemoglobina v tisti skupini, ki je dobila dnevno po 2,5 g beljakovin na kg telesne teže. Številni avtorji tudi niso opazili nobene spremembe v telesni kondiciji pri dietah s 75 in 150 g beljakovin na dan ob enakih hranilnih razmerjih maščob in ogljikovih hidratov (*Pokorn, 1991*).

Macdermid in Stannard (2006) sta opravila študijo, v kateri so primerjali vpliv dveh različnih prehrabnih režimov na sposobnost v vzdržljivostnem kolesarjenju: visoko energijska proteinska hrana ter zmerno energijska ogljikovohidratna hrana. V tej študiji je sodelovalo 7 vrhunskih kolesarjev. Vsi kolesarji so najprej v enem tednu trenirali z naslednjim prehrabnim režimom (H-CHO): 1,2-1,4 g * kg⁻¹ * d⁻¹ proteinov in 7-10 g * kg⁻¹ * d⁻¹ ogljikovih hidratov. Nato so v drugem tednu trenirali z naslednjim prehrabnim režimom (H-Pro): 3-4 g * kg⁻¹ * d⁻¹ proteinov in 5 g * kg⁻¹ * d⁻¹ ogljikovih hidratov. Medtem pa so obdržali normalen vnos maščob. Med tema obdobjema so kolesarji izvajali normalne vsakdanje treninge.

Največji vpliv teh prehrabnih režimov na rezultate se je pokazal pri manjšem povprečnem energijskem donosu med H-Pro poskusnim obdobjem. Tudi zmogljivost kolesarjev je bila zmanjšana že od začetka preizkusnega H-Pro obdobja.

Pri vzdržljivostnih treningih je pomembno ohranjnje mišično glikogenske zaloge. V tej raziskavi so kolesarji med H-Pro obdobjem ohranili normalen nivo mišičnega glikogena, v primerjavi s povečanim nivojem med H-CHO obdobjem.

Ko se ogljikovo hidratne rezerve porabijo, začne telo kot vir energije uporabljati maščobe. Povečano oksidacijo maščob spremlja povečanje VO₂ in se rezultira v zmanjšani ekonomičnosti. V tej raziskavi, ocenjena maščobna oksidacija skozi uporabo RER (razmerje respiratorne izmenjave plinov), ni pokazala nobenih statističnih razlik, medtem ko je VO₂ ostal enak, ekonomičnost pa se je zmanjšala med H-Pro obdobjem.

Povratna informacija (feedback) pri H-Pro obdobju, je vključevala: občutke zadovoljstva, občutke splošne utrujenosti, glavobole, želodčno-črevesne nevsječnosti in splošne občutke neugodja, predvsem v zgodnjih fazah 7-dnevnega testiranja.

Večina testirancev je ugotovilo, da se je pri enaki intenzivnosti, zmanjšalo normalno trajanje treninga, ali pa se je njihova intenzivnost zmanjšala pri enaki nizki hitrosti na enako razdaljo. Vse te spremembe so bile opazne med H-Pro obdobjem, torej obdobjem, kjer je bil proteinski vnos večji.

Ugotovitve te študije kažejo, da ima 7-dnevna H-Pro dieta pomembne škodljive učinke na zmogljivost, v primerjavi s prehrabnenih režimom, priporočen za vzdržljivostne kolesarje (H-CHO). Skozi metabolične in fiziološke meritve, so rezultati nakazovali večjo intenzivnost ali moč med H-CHO obdobjem, vendar pa to ni bilo povezano z razlikami v izkoristku makrohranil.

Tudi *Cepero in sod. (2009)*, so opravili raziskavo, kjer so ugotavljali, če se okrevanje po treningu, kolesarska zmogljivost in mišične poškodbe spremenijo z uživanjem ogljikohidratnih napitkov (CHO; 7% ogljikovih hidratov), v primerjavi z ogljikohidratnimi in proteinskimi napitki (CHO+P; 7% CHO in 4% P). 15 moških kolesarjev je testiralo ta dva napitka v dveh meritvenih obdobjih. V vsakem testnem obdobju so testiranci spili 1 liter enega testnega napitka, po enournem kolesarjenju pri 75% VO_2 max. Po dveurnem okrevanju, so kolesarji prevozili 20 km pri maksimalni hitrosti. Rezultati niso pokazali nobene pomembne razlike v 20 kilometrski vožnji, med konzumiranjem CHO napitka in CHO+P napitka. Tudi po-vadbena aktivnost encima kreatin kinaze, ni bila različna med tema dvema obravnavama. Povečana pa je bila koncentracija inzulina med okrevanjem pri vnosu CHO+P napitka. Uživanje CHO+P napitka je pokazalo različne fiziološke učinke, kot CHO napitek. Iz tega lahko sklepamo, da je CHO+P napitek bolj priporočljiv za hitrejše okrevanje po intenzivnem treningu oz. tekmi. Vendar pa avtorji te študije niso opazili nobenih razlik v zmogljivosti oz. rezultatu med 20 km kolesarjenjem, med CHO in CHO+P napitkom.

Pri podaljšani telesni aktivnosti, kjer so energijske zahteve visoke, lahko protein zagotovi precejšnjo količino aminokislin za rezervno gorivo. Zaradi tega lahko neustrezen vnos proteinov in zelo pogosti treningi, pripeljejo do izgube endogenih proteinov, tako jetrnih kot mišičnih, in posledično do slabšega športnega rezultata (*Williams in Devlin, 1992*).

6. SKLEP

Namen diplomske naloge je opisati proteine in aminokislino ter njun vpliv na sposobnost v vzdržljivostnih športih, kot so na primer kolesarjenje, tek na srednje dolge proge ter maraton, tek na smučeh, vzdržljivostno plavanje. V diplomski nalogi so opisani procesi med vzdržljivostno športno aktivnostjo.

Med športniki in rekreativci, ki se ukvarjajo s kolesarjenjem, tekom in drugimi vzdržljivostnimi aktivnostmi, je v preteklosti veljalo prepričanje, da so v njihovi prehrani pomembni le ogljikovi hidrati. V zadnjih letih pa je prišlo na tem področju do precejšnjih sprememb. Vedno več športnikov ugotavlja, da so bili proteini zapostavljeno hranilo, čeprav so v resnici pomemben vir energije med aktivnostjo in nezanemarljiv dejavnik hitrejše regeneracije po končani aktivnosti.

Aerobno zagotavljanje energije funkcioniira s pomočjo kisika. Če tečemo ali kolesarimo več kot nekaj minut, telo vključi to obliko pridobivanja energije. Pri aerobnem treningu, telo porablja maščobo in s tem dobi več energije. Seveda pa tudi ogljikovi hidrati zgorevajo aerobno. Proteini, kot vir energije pri takšni aktivnosti, pridejo na vrsto šele, ko so ogljikohidratne zaloge porabljene. Medtem pa pri katabolnem procesu, samo levcin prispeva energijo za vzdržljivost. Ravno zaradi tega je malo literature na to temo.

Vzdržljivostni športniki in rekreativci ne bi smeli zanemariti pomembnosti proteinov tako med aktivnostjo kot po njenem koncu. Proteini, ki jih med aktivnostjo zaužijemo v kombinaciji z ogljikovimi hidrati, nam dlje zagotavljajo energijo in zmanjšujejo razgradnjo telesnih proteinov.

V obravnavani literaturi je o proteinih več napisanega o regeneraciji telesa po napornem treningu, kot pa o zagotavljanju energije med treningom. Različne raziskave so pisale o tem, da je pretežno proteinska hrana za vzdržljivostne športnike škodljiva oz., da ne vpliva na zmogljivost. Vendar pa so proteini, skupaj z ogljikovimi hidrati, pomembni pri takšnih naporih. Predvsem dolgotrajni napori (npr. maraton) zahtevajo dovoljšen vnos proteinov, saj ob izrabi ogljikovih hidratov telo začne uporabljati aminokislino kot rezervno gorivo.

Nekatere študije so ugotovljale, ali proteini vplivajo na zmogljivost in rezultate pri vzdržljivostnih športih. Vse te študije so prišle do zaključka, da večji proteinski vnos pred treningom ali tekmo, ne prispeva k boljšemu rezultatu.

Proteini in aminokislina v prehrani vzdržljivostnega športnika je še premalo raziskana tema, kar je omenjeno tudi v literaturah. Vendar pa vseeno lahko z zagotovostjo rečemo, da so proteini in aminokislina pomemben del v prehrani športnikov, skupaj z ogljikovimi hidrati in maščobami. Vzdržljivostni športniki naj bi po treningu in tekmi vnesli optimalno količino proteinov, za čim hitrejšo regeneracijo.

Na internetnih straneh je kar nekaj napisanega o pravilni športni prehrani, kar pa ne morem zagotoviti za klube, kjer naj bi trenerji svojim varovancem poleg treningov pisali tudi prehrano pred, med in po treningu. Na tržišču je veliko proteinskih in drugih napitkov, ki naj bi pripomogli k hitrejši regeneraciji.

Proteini postanejo vir energije pri izjemnih naporih (npr. ultra maratonih), ko je aktivnost tako podaljšana, da se zaloge ogljikovih hidratov porabijo. Zato naj bi bil vnos proteinov teh športnikov nekoliko večji od priporočljivega. Za vse ostale vzdržljivostne športnike pa naj bi veljal normalen dnevni vnos proteinov. Zaključim lahko s tem, da proteini in aminokislina niso pomembne za vzdržljivostne športe oziroma jim ni potrebno dajati pretiranega pomena. Trenerji v klubih pa bi vseeno morali dati večji pomen pravilne športne prehrane v trenažnem procesu.

7. LITERATURA

Aminokislina. (2009). Stran študentov Ffa. Pridobljeno 1.5.2010 iz http://www.farmadrustvo.si/gradivo.php?b=gradivo_p%2FFarmaceutvska+kemija+II%2FPREDAVANJA

Armstrong, L. (2002). *Lance Armstrong: priročnik za rekreativce in profesionalce*. Tržič: Učila International.

Boyer, R. (2005). *Temelji biokemije*. Ljubljana: Študentska založba.

Burke, L.M., Millet, G. in Tarnopolsky, M.A. (2007). Nutrition for distance events. *Journal of Sports Sciences*, 25 (s1), s29-s38.

Campbell, M.K. (1999). *Biochemistry. Third edition*. Philadelphia (etc.): Saunders College Publishing: Harcourt Brace College Publishers.

Cepero, M., Rojas, F.J., Geerlings, A., Dela Cruz, J.C., Romero, S. in Boza, J.J. (2009). Effects of a carbohydrate and a carbohydrate and casein protein beverages on recovery and performance of endurance cycling capacity. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(2), 161-172.

Cram, D.J. in Hammond, G.S. (1963). Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 40(12), 668.

Čvorišćec, D. in Čepelak, I. (2009). *Štrausova medicinska biokemija*. Zagreb: Medicinska naklada.

Dervišević, E. in Vidmar, J. (2009). *Vodič športne prehrane*. Ljubljana: Fakulteta za šport.

Do vitke linije po pravili kombiniranja. (2008). Lifestyle. Pridobljeno 10.5.2010 iz <http://lifestyle.ena.com/Zdravje/Diete-in-hujsanje/Do-vitke-linije-po-pravilih-kombiniranja.html>.

Fernstrom, J.D. in Fernstrom, M.H. (2006). Exercise, Serum Free Tryptophan, and Central Fatigue. *American Society for Nutrition*, 136, 553S – 559S.

Garrett, R.H. in Grisham, C.M. (2007). *Biochemistry. Updated third edition*. Belmont (CA): Thomson Brooks/Cole.

Gibala, M.J. (2007). Protein metabolism and endurance exercise. *Sports Med*, 37 (4 - 5), 337 – 340.

Gjerkeš, L. (2007). *Tek: do moči korak za korakom*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Hartman, J.W., Moore, D.R. in Phillips, S.M. (2006). Resistance training reduces whole-body protein turnover and improves net protein retention in untrained young males. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 31(5), 557-564.

Kulier, I. (2001). *Prehrana vrhunskih sportaša*. Zagreb: IMPRESS.

Lamont, L.S. (2003). Dietary Protein and the Endurance Athlete. *International Sports Journal*, 39-45.

Lasan, M. (2004). *Fiziologija športa – harmonija med delovanjem in mirovanjem*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Lasan, M. (2005). *Stalnost je določila spremembo – fiziologija*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Macdermid, P.W. in Stannard, S.R. (2006). A Whey-Supplemented, High-Protein Diet Versus a High-Carbohydrate Diet: Effects on Endurance Cycling Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16, 65-77.

Meltzer, S. in Fuller, C. (2005). *Eating for sport. A practical guide to sports nutrition*. London: New Holland.

Ohtami, M., Sugita, M. in Maruyama, K. (2006). Amino Acid Mixture Improves Training Efficiency in Athletes. *American Society for Nutrition*, 136, 538S-543S.

Phillips, S.M., Moore, D.R. in Tang, J.E. (2007). A critical examination of dietary protein requirements, benefits and excesses in athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17, s58-s76.

Pokorn, D. (1991). *Prehrana športnika in rekreativca*. Ljubljana: Forma 7.

Rennie, M.J. in Tripton, K.D. (2000). Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. *Annual Reviews of Nutrition*, 20, 457-483.

Sperryn, P.N. (1994). *Šport in medicina*. Ljubljana: DZS.

Solarnavigator.net. (2005). Tour de France. Pridobljeno 16.5.2010 iz http://www.solarnavigator.net/sport/tour_de_france.htm.

Tripton, K.D. (2008). Protein for adaptations to exercise training. *European Journal of Sport Science*, 8(2), 107-118.

Ušaj, A. (2003). *Kratek pregled osnov športnega treniranja (ponatis)*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Van Loon, L.J.C., Kies, A.K. in Saris, W.H.M. (2007). Protein and Protein Hydrolysates in Sports Nutrition. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17, s1-s4.

Vid Soklič. Tek. Pridobljeno 16.5.2010 iz http://www.egss.si/dijaki/razredi%200809/2ga/vid_soklic_/index.htm.

Zittlau, J. in Kriegisch, N. (2001). *Zdrava prehrana*. Ljubljana: Prešernova družba.

Williams, C. in Devlin, J.T. (1992). *Foods, Nutrition and Sports Performance*. London, New York: E & FN Spon.