

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT

DIPLOMSKO DELO

GAŠPER KRISTAN

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Športno treniranje
Kondicijsko treniranje

VLOGA MAKROHRANIL IN PREHRANSKIH DOPOLNIL PRI VADBI ZA MOČ

DIPLOMSKO DELO

MENTOR

doc. dr. Primož Pori

SOMENTOR

strok. sod. Radoje Milić, dr. med.

RECENZENT

doc. dr. Igor Štirn

Avtor

GAŠPER KRISTAN

Ljubljana, 2014

A promise is a promise...

Ključne besede: prehrana, moč, vadba za moč, makrohranila, prehranska dopolnila

VLOGA MAKROHRANIL IN PREHRANSKIH DOPOLNIL PRI VADBI ZA MOČ

Gašper Kristan

IZVLEČEK

Sodobnega športa brez uživanja primerne športne prehrane v sozvočju z biomehanskimi zakonitostmi športa in energijskimi potrebami športnika si danes ni več moč predstavljati. Cilj diplomskega dela je iz podatkov, zbranih v strokovni literaturi, ugotoviti in predstaviti pomen športne prehrane v povezavi z vadbo za moč.

Vsebinsko je diplomsko delo razdeljeno na dva dela. V prvem delu opisuje pojavne oblike makrohranil (ogljikovih hidratov, maščob, beljakovin) in prehranskih dopolnil ter predstavi njihovo uporabo in vlogo pri vadbi za moč. Prav moč namreč predstavlja tisto motorično sposobnost, ki je v mnogih športih ključna za napredek in športni uspeh.

Drugi del predstavlja potencial športne prehrane, uživane skladno s primerno vadbo za moč, in njen vpliv na manipulacijo endokrinega sistema. Vrsta in velikost hormonalnega odziva kot posledica vadbe za moč odločilno vplivata na vrsto in velikost opisanih funkcionalnih in strukturnih sprememb športnikovega telesa. Ta del zaključuje ter, kot smiselni povzetek vsebine, predstavlja "jedilnik".

Iz vseh podatkov v diplomskem delu lahko ugotovimo, da je natančno načrtovanje uživanja makrohranil in prehranskih dopolnil v povezavi z vadbo za moč smiselno, če želi športnik ohraniti zdravje, ter nujno, če želi športnik uspešno razvijati moč kot motorično sposobnost.

Zbrane ugotovitve naj trenerjem in njihovim varovancem služijo kot pripomoček pri doseganju željenega napredka.

Key words: nutrition, strength, strength training, macronutrients, nutrition supplements

THE ROLE OF MACRONUTRIENTS AND NUTRITION SUPPLEMENTS IN STRENGTH TRAINING

Gašper Kristan

ABSTRACT

Nowadays it is impossible to imagine sport without appropriate sports nutrition in line with biomechanical characteristics of sport and energy requirements of a sportsman. The main objective of this thesis is the analysis and presentation of the importance of sports nutrition in strength training, based on the data contained in scientific literature.

The content of the thesis is divided into two parts. The first part considers the types of macronutrients (carbohydrates, fats and proteins) and nutrition supplements. In addition it lays out the importance of their intake and their role in strength training. The physical strength in particular represents the main motor ability, which is the key for progression and success of a sportsman in many different types of sport.

The second part examines the potential of sports nutrition if consumed in accordance with the appropriate strength training and its effect on the manipulation of endocrine system. The size and type of the hormonal response, which is a consequence of the strength training, significantly affect the size and type of the functional and structural changes in a sportsman's body. The findings of the thesis are summed up and presented with practical applications within "the menu".

On the basis of the analysis carried out, this thesis establishes and emphasizes the importance of the specific macronutrients and nutrition supplements diet planning throughout the strength training in order to ensure the sportsman's health and to guarantee the development of the sportsman's strength.

The findings of this thesis are to serve trainers and trainees as an aid in achieving desired progress.

Kazalo

1 UVOD	8
1.1 Osnovne značilnosti hranil.....	9
1.2 Problem, namen in cilji	10
2 METODE DELA.....	12
3 RAZPRAVA: VLOGA MAKROHRANIL IN PREHRANSKIH DOPOLNIL V POVEZAVI Z RAZVOJEM MOČI	13
3.1 Zagotavljanje energije med vadbo za moč	15
3.2 Ogljikovi hidrati	18
3.2.1 Zgradba in razvrstitev ogljikovih hidratov	18
3.2.2 Vloga ogljikovih hidratov pri vadbi za moč	22
3.2.2.1 Glikogen – gorivo za vadbo	23
3.2.2.2 Uživanje ogljikovih hidratov pred vadbo	24
3.2.2.3 Uživanje ogljikovih hidratov med vadbo	25
3.2.2.4 Uživanje ogljikovih hidratov po vadbi	26
3.3 Maščobe	28
3.3.1 Zgradba in razvrstitev maščob	29
3.3.1.1 Koristne maščobe.....	30
3.3.1.2 Škodljive maščobe.....	30
3.3.1.3 Holesterol	31
3.3.2 Pomen maščob v prehrani športnika	31
3.3.2.1 Metabolizem maščob med vadbo	33
3.3.2.2 Oksidacija maščob je odvisna od intenzivnosti športne aktivnosti	33
3.3.2.3 Oksidacija maščob je odvisna od športnikove diete	33
3.4 Beljakovine.....	35
3.4.1 Zgradba in razvrstitev beljakovin in aminokislin	36
3.4.2 Beljakovine in aminokisline v povezavi z razvojem moči	37
3.5 Prehranska dopolnila	41
3.5.1 OH-izotonični napitki	43
3.5.2 Beljakovinski dodatki	44
3.5.2.1 Sirotkine beljakovine – Whey	45
3.5.2.2 Mlečne beljakovine – Kazein	45
3.5.3 Aminokisline	46
3.5.4 Kreatin (metilgvanidin očetna kislina)	47
3.5.4.1 Absorpcija in skladiščenje kreatina v telesu	48
3.5.4.2 Protokol uživanja kreatina v obliki prehranskega dopolnila	48
3.5.4.3 Vloga kreatina v športih povezanih z največjo močjo.....	50
3.5.4.4 Varnost in smiselnost uporabe kreatina	51
3.5.5 Zaključek prehranskih dopolnil	51
3.6 Moč – psihomotorična sposobnost.....	53
3.6.1 Zgradba in značilnosti skeletnih mišic	53
3.6.2 Strukturne in funkcionalne spremembe, povezane z razvojem moči.....	56
3.6.2.1 Živčni sistem	56
3.6.2.2 Kost, hrustanec in vezivno tkivo	58
3.6.2.3 Mišice	58
3.6.2.3.1 Rast mišic	58
3.6.2.3.2 Spremembe tipa mišičnih vlaken.....	61

3.6.2.3.3 Penacijski kot.....	62
3.6.2.3.4 Biokemične spremembe.....	63
3.7 Pomen in mehanizmi delovanja endokrinega sistema v povezavi z razvojem moči.....	64
3.7.1 Vadba moči kot promotor hormonalnega odziva.....	66
3.7.1.1 Odziv testosterona na vadbo za moč.....	68
3.7.1.2 Odziv rastnega hormona na vadbo za moč	69
3.7.1.3 Odziv kortizola na vadbo za moč	70
3.7.1.4 Prilagoditve hormonalnega sistema na vadbo za moč.....	71
3.7.2 Prehrana kot promotor hormonalnega odziva.....	72
3.7.2.1 Živila, ki promovirajo izgradnjo in izločanje rastnega hormona.....	73
3.7.2.2 Živila, ki promovirajo izgradnjo in izločanje IRF-I	76
3.7.2.3 Živila, ki promovirajo izgradnjo in izločanje insulina	76
3.7.2.4 Živila, ki promovirajo izgradnjo in izločanje testosterona	77
4 SKLEP	81
5 VIRI.....	83

Kazalo slik

<i>Slika 1: Časovni potek energijski procesov pri naporu (Ušaj, 2003, str. 56).</i>	15
<i>Slika 2: Zgradba OH (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 3).</i>	19
<i>Slika 3: Vpliv intenzivnosti vadbe na razgradnjo mišičnega glikogena (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 103).</i>	23
<i>Slika 4: Dušikovo ravnovesje kot odziv na športno vadbo (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 157).</i>	39
<i>Slika 5: Različni protokoli uporabe kreatina (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 249).</i>	49
<i>Slika 6: Zgradba mišice (Baechle in Earle, 2000, str. 4).</i>	54

Kazalo tabel

<i>Tabela 1: Klasifikacija OH (Benardot, 2006, str. 4; Maughan in Burke, 2005, str. 76).</i>	21
<i>Tabela 2: Glikemični indeks (GI) živil z visoko vsebnostjo OH (Bernardot, 2006, str. 16).</i> ..	22
<i>Tabela 3: Vsebnost maščobnih kislin v pogosto zaužiti hrani (izražene kot delež vsebnosti maščobnih kislin) (Bompa, Di Pasquale, in Cornacchia, 2003, str. 75).</i>	29
<i>Tabela 4: Aminokisline (Benardot, 2006, str. 28).</i>	37
<i>Tabela 5: Osmolarnost telesnih tekočin in napitkov (Jeukendrup in Gleeson, 2004).</i>	43

1 Uvod

Prehrana igra pomembno vlogo v življenju vsakega živega bitja. Od njene kakovosti, količine, vrste in hranilne vrednosti je odvisno zdravje organizma in posledično tudi kvaliteta življenja. Tu ljudje in med njimi predvsem športniki niso nikakršna izjema. Pravilna in zadostna prehrana je tesno povezana z rastjo in razvojem organizmov, zagotavljanjem energije za delo ter regulacijo njihovega metabolizma. Vse te lastnosti in značilnosti hrane športniki v iskanju manjšega napora, hitrejšega napredka in boljšega rezultata, že dolgo s pridom izkoriščajo.

Strokovna literatura se v največji meri posveča opisovanju in raziskovanju posledic uporabe določenih živil na trening in rezultate v športih, povezanih z vzdržljivostjo. Tu se optimalna hidriranost telesa, nasičenost mišic in jeter z glikogenom ter krvi z glukozo pokažejo kot odločilni dejavniki, povezani z dolgotrajno vzdržljivostjo. Voda in ogljikovi hidrati (v nadaljevanju OH) imajo poleg nekaterih mineralov najpomembnejšo vlogo pri zagotavljanju zelenega stanja.

Vloga prehrane v športih, ki so povezani z močjo, se zdi manj jasna in z izjemo uporabe kreatina in drugih potencialno ergogenih sredstev zapostavljena. Ob pogledu na amaterske in nekatere profesionalne športnike dobi človek občutek, da brez ogromnih količin aminokislin in beljakovin v obliki prehranskih dodatkov pri doseganju zelenih rezultatov nikakor ne gre. Ta stereotip je med mladimi in tudi med izkušenimi športniki trdno ukoreninjen, čeprav je že dolgo jasno, da so beljakovine le eno od makro hranil, njihova osnovna naloga pa je obnova in izgradnja tkiva.

Športniki v športih povezanih z močjo, hitrostjo in eksplozivnostjo, morajo za razvoj teh sposobnosti v največji meri izkoristiti potencial mišic. To pomeni razviti največjo količino energije v najkrajšem času, kar je tesno povezano s količino hitrih Ia in IIb vlaken v mišicah. Ta vlakna so sposobna hitreje proizvesti večjo silo in so hitreje rekrutirana kot počasna Ia vlakna. Zato je eden pomembnejših ciljev športnika povečati mišično maso in posledično mišično moč. Za dosego tega cilja mora zaužiti dovolj energije in živil, ki preprečujejo razgradnjo in omogočajo izgradnjo mišičnega tkiva. Količina beljakovin ne sme biti večja od njihove porabe za rast in razvoj, količina OH dovolj velika, da pri premagovanju velikih naporov ne prihaja do katabolnih procesov, količina esencialnih maščobnih kislin pa tolikšna, da zadovoljijo zahteve organizma. S tem mišicam zagotovimo zadostno količino dostopne energije, ko jo najbolj potrebujejo. Strategija hranjenja mora biti zato natančno načrtovana.

Na področju treninga moči igra pomembno vlogo pri načrtovanju trenažnega procesa in hranjenja tudi endokrini sistem. Njegova osnovna naloga je odziv in prilagoditev na

stres ter vzdrževanje normalnega stanja organizma (homeostaze). Odziv človeškega telesa na stres (zunanje ali notranje dražljaje) opisuje »sindrom splošne adaptacije«. Ta, že leta 1959 osnovani koncept, služi kot osnova pri nastajanju teorij športnega treniranja. Dobro poznavanje hormonalnega odziva, na čigar velikost močno vplivata tudi vrsta telesne aktivnosti (training moči) in pravočasnost uživanja določenih hranil, pomeni pomembno orodje za hitrejši napredek pri treningu moči (Baechle in Earle, 2000, str. 92; Harvey, 2010, str. 138).

Na športe, kot so gimnastika, ples, skoki v vodo in borilni športi, pozitivno vplivata tako največja moč, kakor tudi nizka telesna teža. Pri zmanjševanju ali ohranjanju telesne teže pa športniki ne smejo zmanjševati mišične mase – pri tem ima strategija hranjenja ključni pomen (Benardot, 2006, str. 234; Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 2).

Že od začetkov človekovega športnega udejstvovanja igrajo pomembno vlogo tudi ergogena sredstva. Mednje sodijo substance in tehnike treninga, ki se uporabljajo za pospeševanje fizioloških procesov, zmanjševanje utrujenosti in možnosti nastanka poškodb ter zagotavljajo prednost pri športnem nastopu (Brooks, Fahey, in Baldwin, 2004 str. 749; Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 232). Poleg prehranskih dopolnil sodijo v to skupino še farmakološka sredstva, psihološka sredstva ter mehanska sredstva (Benardot, 2006, str. 104). Med farmakološkimi ergogenimi sredstvi najdemo tudi mnogo takih, ki so zdravju športnikov škodljiva. Ker je njihova uporaba s strani mednarodnega olimpijskega komiteja in večine mednarodnih športnih zvez prepovedana, ne bodo obravnavana v tej diplomski nalogi (Benardot, 2006, str. 101). Vsebinsko bo osredotočena na dovoljena prehranska dopolnila, ki so sestavni deli makrohranil, katerih posledice uživanja strokovna literatura ocenjuje kot ergogena v športih, pri katerih je športna uspešnost tesno povezana z veliko močjo.

1.1 Osnovne značilnosti hranil

Hrana zagotavlja hranila, od katerih ima vsako vsako svojo fiziološko in biokemično funkcijo v telesu športnika. Hranila so razdeljena na šest različnih kategorij: OH, beljakovine, maščobe, minerale, vitamine in ne nazadnje vodo.

GLEDE NA DNEVNO ZAUŽITO KOLIČINO DELIMO ŽIVILA NA:

- MAKROHRANILA so živila, ki jih dnevno zaužijemo več kot nekaj gramov:
 - OH,
 - beljakovine,
 - maščobe,
 - voda.
- MIKROHRANILA so živila, ki jih dnevno zaužijemo manj kot 1 gram:

- vitamini,
- minerali.

○ GLEDE NA OSNOVNE NALOGE DELIMO ŽIVILA NA:

• PROMOTORJE RASTI IN RAZVOJA

To nalogo v največji meri opravljajo beljakovine. Iz njih so zgrajene mišice, notranji organi, mehko tkivo ... Pri rasti in razvoju okostja pa glavno nalogo opravljata kalcij in fosfor.

• ENERGENTE

Med energenti so najpomembnejši OH in maščobe. V določenih pogojih pa se kot energenti pojavljajo tudi beljakovine, vendar je njihova vloga pri zagotavljanju energije športniku med vadbo dokaj nepomembna.

• REGULATORJE METABOLIZMA

Vitamini, minerali in beljakovine opravljajo nalogo regulatorjev metabolizma. Encimi so beljakovine, ki v našem telesu omogočajo hiter potek kemičnih reakcij in pomagajo energentom, da lažje vstopajo v mišice in druga tkiva. Hemoglobin, sestavni del eritrocitov, je prav tako pomembna beljakovina, ki sodeluje pri transportu kisika in ogljikovega dioksida. Molekula hemoglobina je kompleksna beljakovina, ki jo gradi tudi nebeljakovinska skupina, ki vsebuje železo. Na podoben način je z beljakovinami povezanih veliko mineralov in vitaminov, ki v našem telesu navkljub majhnim količinam opravljajo zelo pomembne naloge.

1.2 Problem, namen in cilji

Osnovni problem diplomskega dela predstavlja vprašanje pomena načrtovanja prehrane v treningu za moč ter vprašanje velikosti sprememb, ki jih lahko prinese smiselno načrtovanje prehrane v sozvočju s treningom moči.

Poleg izobraževanja avtorja, je osnovni namen diplomskega dela ponuditi trenerjem in športnikom, ki se udeležujejo v športih, kjer predstavlja moč dominantno motorično sposobnost, preverjene informacije s področja športne prehrane. Vse z željo, da bi informacije pomagale pri doseganju zgornjih meja športnikovih sposobnosti, ne da bi ob tem žrtvovali njegovo zdravje.

Cilji diplomskega dela:

- predstaviti vlogo OH, beljakovin in maščob in preveriti stereotipe, povezane z njihovim uživanjem;
- predstaviti količine in najprimernejši čas za uživanje vsakega od makrohranil v povezavi s treningom za moč;

- predstaviti prehranska dopolnila z dokazanimi pozitivnimi učinki na trening moči ter opisati razloge proti in za njihovo uporabo v natančno določenih količinah in primernem času;
- opisati vpliv treninga moči ter uživanja makrohranil in prehranskih dopolnil na endokrini sistem;
- opisati strukturne in funkcionalne spremembe športnikovega telesa kot posledico treninga za moč;
- predstaviti vlogo in potencial manipulacije hormonskega odziva s pomočjo hrane in treninga za moč.

2 Metode dela

Pri pisanju diplomskega dela je uporabljana deskriptivna metoda dela. Izbrani podatki so pridobljeni iz strokovne literature priznanih domačih in tujih strokovnjakov s področja športne prehrane. Za vire niso uporabljeni strokovni članki, ki so objavljeni na spletu, ker je ob vsej poplavi informacij nemogoče izluščiti najbolj relevantne, torej tiste, ki predstavljajo zanesljiv in večkrat preverjen vir informacij. Kot vir informacij se zdijo primernejše raziskave, ki so uporabljene v knjigah referenčnih strokovnjakov omenjenega področja, saj predstavljajo zanesljiv in že selekcioniran vir informacij za spoznavanje vsebin, opisanih v diplomskem delu. Sklepni del diplomskega dela predstavlja prepletanje avtorjevih izkušenj pri delu z vrhunskimi športniki z informacijami iz strokovne literature ter opiše smiselno uporabo teorije v praksi.

3 Razprava: Vloga makrohranil in prehranskih dopolnil v povezavi z razvojem moči

Evolucija na področju športne prehrane poteka že tisočletja (Benardot, 2006, str. 235). Okrog leta 200 p.n.št. je Diogenes Laertius opisal dieto grških atletov, ki so se v želji po boljšem rezultatu hranili s suhimi figami, sirom in pšenico (Benardot, 2006, str. 235; Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 148). V času antičnih olimpijskih iger so atleti zaužili tudi ogromne količine mesa. Že od takrat je med športniki prisotno prepričanje, da velike količine mesa (beljakovin in aminokislin) v njihovi vsakodnevni prehrani vodijo k povečanju mišične mase in posledično večji moči (Benardot, 2006, str. 235). Ameriški športniki so na olimpijskih igrah v Berlinu leta 1936 dnevno zaužili zelo pestro in za današnji čas nerazumljivo dieto (1,5 l mleka, 3 jajca, veliko masla, svežo zelenjavo in solato, goveji zrezek ter kar največ belega kruha). Kasneje je bilo za vsako olimpijsko obdobje značilno dajanje prednosti enim in izogibanje drugim vrstam živil, kar pa je bilo odvisno od trenutnih trendov in znanja. Leta 1960 se začne znanstveno proučevanje športne prehrane, katerega namen je bilo ugotoviti, katera živila potrebujejo športniki za svoje udejstvovanje in zakaj je temu tako. Te raziskave so pripeljale do natančnejšega razumevanja mišičnega dela pri proizvodnji moči in hitrosti. Nadaljnje raziskovanje je kmalu pripeljalo do razumevanja prehranskih potreb, povezanih z različnimi vrstami športnih aktivnosti. Tako je danes jasno, da napačna, nezadostna ali pretirana količina hrane vodi do težav v trenažnem procesu in proti rezultatom, ki so pod sposobnostmi športnika.

Vsaka intenzivna športna aktivnost, torej tudi vadba za moč, ima za posledico povečano porabo energije in večjo izgubo vode. V želji po napredku in izgradnji močnega telesa mora zato športnik, ki želi napredovati v moči, v trenažnem procesu dinamiko uživanja hrane in vode nujno prilagajati dinamiki njune porabe. Študije dokazujejo, da športniki, ki upoštevajo dinamiko porabe in vnosa energije, lažje ohranjajo pusto telesno težo, imajo nižji odstotek telesne maščobe, se bolje počutijo in posledično dosegajo boljše športne rezultate (Benardot, 2006, str. 133).

V izogib negativnim posledicam slabih prehranjevalnih navad se športniki pogosto zanašajo na prehranska dopolnila, ki pregovorno popravljajo napake, storjene z osnovno prehrano. Za športnika je bistveno, da se namesto na dopolnila osredotoči na uživanje makrohranil v obliki normalne hrane. Tak način zagotavljanja energije je običajno varnejši, cenejši in bolj zdrav. Ker so športniki navadno premalo natančni pri timingu, količini in vrsti užitih hranil, bo v diplomski nalogi podrobneje opisano, koliko in kakšno hrano morajo športniki zaužiti ob točno določenem času, da bo ta pozitivno vplivala na njihove sposobnosti in razvoj moči. Nezadosten vnos kalorij vodi do zmanjšanja telesne teže in, kar je še bolj pomembno, do znižanja puste telesne teže,

kar ima negativni vpliv na razvoj moči. Ko je kalorični vnos nižji od potreb organizma, poizkuša organizem izničiti primanjkljaj energije tako, da zniža metabolično (mišično) maso, ki je glavni potrošnik energije. Načrtno ciklično zmanjševanje vnosa energije pred tekmovanji je za mnoge športnike, pri katerih je moč najpomembnejša motorična sposobnost, običajna rutina, ki neizogibno vodi do razgradnje mišičnega tkiva. Ob povrnitvi k »normalnem« hranjenju je nato pridobivanje maščobnega tkiva neizogibno.

Študija vrhunskih ženskih športnic, predstavnic štirih različnih športnih panog (športna gimnastika, ritmična gimnastika, atletika – srednje proge, atletika – dolge proge) dokazuje, da imajo tiste, pri katerih je odstopanje vnosa energije od njene porabe največje, posledično največji odstotek maščobnega tkiva (Benardot, 2006, str. 136). Ob tem ni pomembno ali je odstopanje vnosa energije v primerjavi z njeno porabo pozitivno ali negativno.

Tekmovalke v ritmični gimnastiki so imele povprečno 800 kcal dnevnega kalorijskega primanjkljaja in hkrati največji odstotek maščobnega tkiva med vsemi skupinami. V nasprotju z njimi so imele atletinje, ki tekmujejo na srednje proge, med vsemi štirimi skupinami najbolj uravnoteženo dinamiko porabe in vnosa kalorij ter posledično najnižji odstotek maščobnega tkiva v telesu. Nadaljnje ugotovitve raziskave močno podpirajo idejo uživanja več manjših obrokov preko celega dne in izpodbijajo idejo »stradanja« preko celega dne ter velikih večernih obrokov. Z omejevanjem in odlašanjem vnosa hranil pade raven sladkorja v krvi prenizko; posledično je iz mišičnega tkiva rekrutirana aminokislina alanin, ki je v jetrih s pomočjo glukoneogeneze spremenjena v glukozo. Zaposneli obilni obrok ne vpliva le na razgradnjo mišic, saj zaradi večjega izločanja hormona inzulina pride tudi do povečane tvorbe maščobnega tkiva. Povsem nasprotno od tistega, kar si športnik želi in potrebuje. Mnoge raziskave dokazujejo, da več obrokov kot zaužije športnik, nižji odstotek maščobnega in višji odstotek mišičnega tkiva ima (Benardot, 2006, str. 136).

V raziskavi vpliva frekvence obrokov na sestavo telesa in telesne teže je bilo pri dveh skupinah boksarjev, ki so ju opazovali dva tedna, ugotovljeno, da tudi pri kalorično enakem vnosu energije pride do različnih rezultatov, ki so posledica števila obrokov. Boksarji iz skupine, ki je vse kalorije zaužila v dveh dnevni obrokih, so doživeli zmanjšanje puste telesne teže. Boksarjem iz druge skupine, ki so enako količino kalorij zaužili v šestih obrokih, pa se pusta telesna teža ni znižala (Benardot, 2006, str. 137).

V študiji rokoborcev so imeli športniki s stalnim cikličnim spreminjanjem tesne teže in dolgimi obdobji kalorično zelo nizkega vnosa hranil počasnejši metabolizem, kar je bila posledica znižanja puste telesne teže (Benardot, 2006, str. 137).

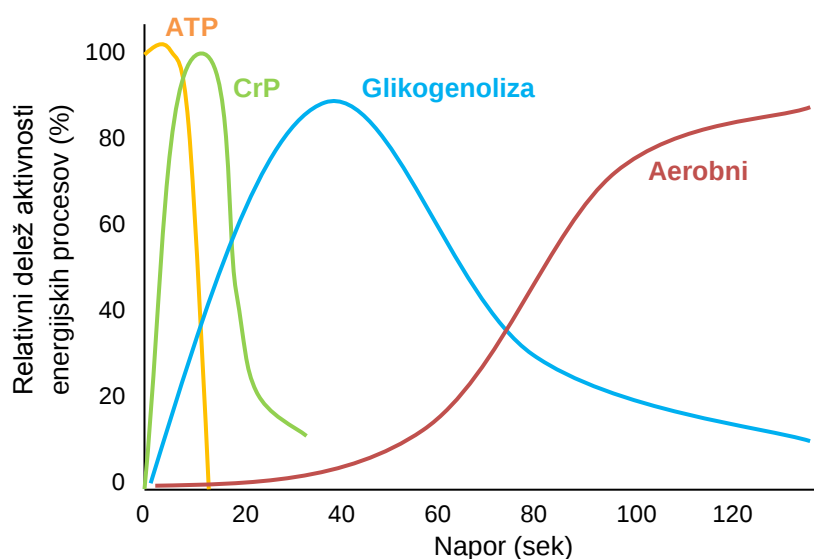
Vse raziskave kažejo, da večji dnevni kalorijski primanjkljaj, napačen timing in premajhno število obrokov povzročajo katabolne mišične procese, ki se jim športnik lahko izogne z dodajanjem rednih majhnih obrokov, sestavljenih iz makro hranil preko celega dne.

3.1 Zagotavljanje energije med vadbo za moč

Moč kot motorično sposobnost definirajo trije osnovni vidiki (Ušaj, 2003, str. 118):

- vidik deleža aktivne mišične mase (splošna ali lokalna moč);
- vidik tipa mišičnega krčenja (statično ali dinamično krčenje);
- vidik silovitosti mišičnega krčenja (največja moč, hitra moč, vzdržljivost v moči).

Od pojavne oblike moči, količin in intenzivnosti premagovanja bremena, dolžine odmorov med serijami in vajami ter drugih spremenljivk, je odvisna vrsta energenta, ki ga med vadbo športnik izkorišča za premagovanje telesnega napora. Običajno predstavlja najpomembnejši energent CrP; mišični glikogen pa ima s povečevanjem količin premaganih bremen, povečevanjem števila ponovitev in skrajševanjem odmorov vse pomembnejšo vlogo.



Slika 1: Časovni potek energijskih procesov pri naporu (Ušaj, 2003, str. 56).

Medtem ko so anaerobni alaktatni energijski procesi značilni po največji moči in najmanjši kapaciteti, delujejo aerobni energijski procesi z manjšo močjo in zelo veliko kapaciteto kot je prikazano na Sliki 1.

Mišično krčenje je mehansko delo, za katero je potrebna energija. Tako kot vse celice organizma tudi mišične celice za svojo aktivnost izkoriščajo le kemično

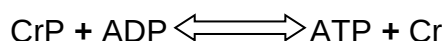
energijo, ki je zbrana v molekulah adenzotritrifosfata (ATP-ja) in nastane ob njihovi razgradnji.



Zato poteka v mišičnih celicah sočasno s procesom razgradnje tudi proces resinteze ATP-ja (Lasan, 2004, str. 102). ATP v celicah nastaja iz makrohranil (OH, maščobe, beljakovine) oz. njihovih gradbenih enot (glukoza, maščobne kisline, aminokisline) na tri načine, ki se po svoji intenzivnosti in kapaciteti med seboj razlikujejo (Dervišević in Vidmar 2009, str. 95). Ti načini so: anaerobni alaktatni proces, kjer gorivo predstavlja CrP, anaerobni laktatni proces (spreminjanje glukoze v piruvat) ter aerobni oksidativni proces (oksidacija OH, maščob in beljakovin), ki pa pri vadbi za moč ne igrajo pomembnejše vloge.

FOSFAGENI SISTEM – ANAEROBNI ALAKTATNI SISTEM

Ob največjem naporu v kratkotrajnih intenzivnih športih, v katerih je tekmovalni rezultat močno odvisen od velike moči, predstavljata najpomembnejši gorivi za tvorbo ATP-ja CrP in mišični glikogen. Skupna količina ATP-ja in CrP je tudi v mišicah dobro treniranih športnikov tako majhna, da omogoča premagovanje maksimalnega napora v anaerobnih razmerah le okoli 10 sekund. Najprej se porabi skladiščeni ATP, ki zagotavlja mišično aktivnost 2–3 sekunde. Nato se vključi CrP, ki je v mišici prisoten v približno 3–4-krat večji količini kot ATP, in omogoči dodatnih 6–7 sekund mišične aktivnosti brez kisika. Ko koncentracija celotnega mišičnega ATP-ja upade za 30 %, se mišica utruje. Proces resinteze ATP-ja s CrP kot energentom, ki je odvisen tudi od encima kreatin kinaza, ki se v visokih koncentracijah nahaja znotraj mišičnega in živčnega tkiva ter omogoča reverzibilno encimsko reakcijo, kjer za substrat služita Cr in CrP (Dervišević in Vidmar 2009, str. 95; Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 248), lahko ponazorimo tako:



Ker se zaloge goriva (CrP) med naporom največje intenzivnosti izčrpajo v nekaj sekundah, jih je potrebno obnoviti, sicer se pojavi utrujenost in nezmožnost premagovanja tako intenzivnega napora. Med odmorom se zaloge goriva obnovijo relativno hitro, v 1–3 minutah, odvisno od stopnje izčrpanosti (Ušaj, 2003, str. 70). V tem okviru pa je običajno tudi trajanje odmora pri vadbi za moč. Po odmoru je mišica znova pripravljena na premagovanje največjih obremenitev.

GLIKOGENSKI LAKTATNI SISTEM

Več kot 10 sekund trajajoči napor ne more biti tako intenziven. Pri njem razen v prvih sekundah, ko je za resintezo ATP odgovoren CrP, kot gorivo prevladuje glikogen. Energijski procesi, v katerih se to gorivo razgrajuje, so anaerobni laktatni procesi, ki

jih predstavlja glikogenoliza. Moč teh procesov je manjša, njihova kapaciteta pa večja, kot pri uporabi CrP za gorivo.

glikogen $\Longrightarrow$ glukoza $\Longrightarrow$ piruvična kislina + energija za obnovo ATP

Za ta proces, ki ob skoraj največjem naporu ne more potekati več kot 2 minuti je značilno, da ga ne ustavi pomanjkanje goriva, temveč nastajanje lastnega odpadnega produkta, mlečne kisline (Ušaj, 2003, str. 57). V odmoru pride do zmanjšanja vrednosti mlečne kisline v krvi zaradi njegove aerobne razgradnje. Količina mlečne kisline se vrne na vrednosti v mirovanju po 40–50 minutah odmora (Ušaj, 2003, str. 76).

3.2 Ogljikovi hidrati

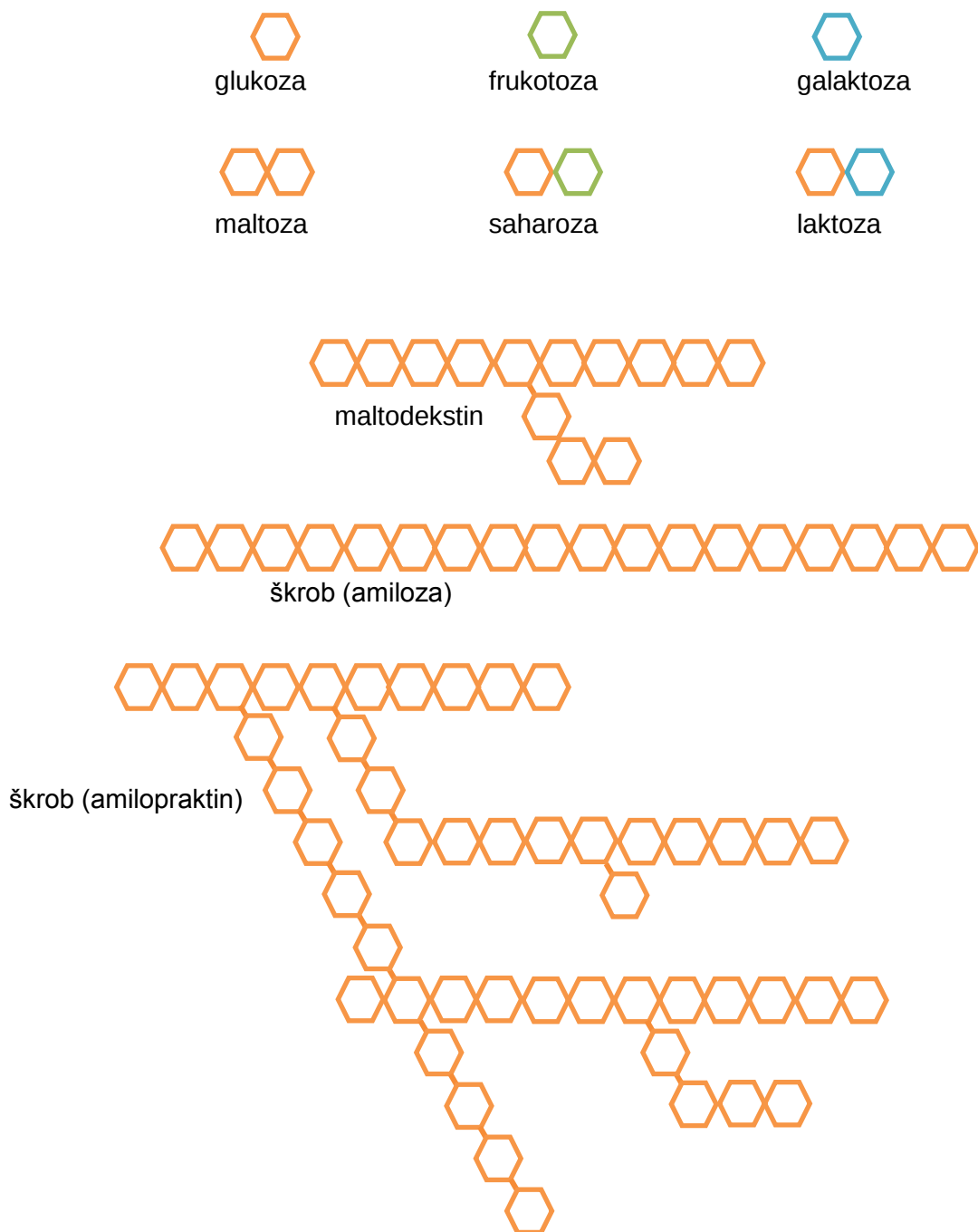
OH predstavljajo največji delež prehrane sodobnega človeka, pri športnikih pa igrajo pomembno vlogo predvsem v prehrani pred, med in takoj po športni aktivnosti. Res je, da so naši daljni predniki preživel, čeprav so uživali majhne količine OH, a se njihove potrebe po energiji in intenzivnost aktivnosti ne morejo primerjati s potrebami vrhunškega športnika. Količina dnevno zaužitih OH v prehrani ljudi na različnih delih sveta se tudi dandanes močno razlikuje – v Afriki predstavljajo OH 80 odstotkov celotne prehrane, v zahodnem svetu pa med 40 in 50 odstotki. Osnovna naloga OH je ohranjanje koncentracije glukoze v krvi, ki omogoča normalno delovanje mišic in možganov. Za to sta najodgovornejša hormona inzulin in glukagon. Prvi zmanjšuje koncentracijo glukoze, drugi pa povzroči razgradnjo glikogena v jetrih in poveča koncentracijo glukoze v krvi. Kalorijska vrednost 1 grama OH je 4 kCal (Jeukendrup in Gleeson, 2004).

3.2.1 Zgradba in razvrstitev ogljikovih hidratov

Ime OH izvira iz njihove sestave. Sestavljeni so iz treh osnovnih elementov: ogljika, vodika in kisika (Maughan in Burke, 2005, str. 73). Njihova osnovna kemijska formula je (CH_2O) . OH lahko predstavlja ena enota (CH_2O) ali pa kombinacija večih enot $n(\text{CH}_2\text{O})$, kjer (n) pomeni število (CH_2O) enot. Molekula glukoze vsebuje denimo 6 ogljikovih, 12 vodikovih in 6 kisikovih atomov, njena kemijska formula je $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (Jeukendrup in Gleeson, 2004).

Monosaharidi predstavljajo osnovno gradbeno enoto OH. Vsi trije, glukoza, fruktoza in galaktoza, imajo podobno zgradbo. Majhna sprememba v povezavi med ogljikovimi, vodikovimi in kisikovimi atomi daje tem molekulam različne biokemijske lastnosti. Glukoza nastaja s pomočjo fotosinteze v zelenih rastlinah, ki jo uporabljajo za hrano. Večino OH tako pridobimo iz rastlinske hrane. Molekula glukoze je z razliko od ostalih OH edina, ki so jo mišice sposobne oksidirati. Fruktozo in galaktozo mora telo v jetrih prej pretvoriti v glukozo.

Disaharidi so sestavljeni iz dveh molekul monosaharidov, ki jih imenujemo tudi enostavni sladkorji ali enostavni OH. Najpomembnejši disaharidi so: saharoza (namizni sladkor), ki v modernem svetu predstavlja 20–25 odstotkov dnevno zaužite energije, sestavljena pa je iz molekule glukoze in fruktoze, laktoza (mlečni sladkor), ki je sestavljena iz molekule glukoze in galaktoze ter maltoza, ki se nahaja v pivu in je v normalni prehrani prisotna v majhnih količinah, sestavljata pa jo dve molekuli glukoze.



Slika 2: Zgradba OH (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 3).

Na Sliki 2 je ponazorjena molekulska zgradba osnovnih pojavnih oblik OH.

Oligosaharidi so sestavljeni iz 3 do 9 molekul monosaharidov. Največkrat so sestavni del zelenjave. Polisaharidi vsebujejo 10 in več monosaharidov, združenih v eno molekulo. Tiste, ki so sestavljeni iz 10 do 20 molekul monosaharidov, imenujemo glukozni polimeri ali maltodextrini. Med polisaharide z 20 do več 1000 molekulami monosaharidov pa štejemo škrob, glikogen in vlaknine.

- Škrob sodi med kompleksne OH. V naši dnevni prehrani predstavlja približno 50 odstotkov vseh zaužitih OH. Najdemo ga v semenih rastlin, rižu, koruzi, krompirju, kruhu, testeninah in drugi, iz rastlinskih zrn narejeni hrani. Škrob se v rastlinah nahaja v obliki amilopektina in amiloze. Amilopektin je sestavljen iz močno razvejane verige molekul glukoze, je hitreje prebavljiv in po svoji zgradbi zelo podoben glikogenu. Amiloza pa predstavlja dolgo zavito verigo glukoze, ki je zaradi teh lastnosti počasneje prebavljiva (Jeukendrup in Gleeson, 2004).
- Glikogen je osnovna oblika OH, v kateri jih živali in ljudje hranimo v mišicah in jetrih (Jeukendrup in Gleeson, 2004) .
- Vlaknine so OH, ki jih človek zaradi pomanjkanja encimov, potrebnih za razgradnjo, ne more prebaviti (Brooks idr., 2004). Mednje štejemo celulozo, pektin in druge. Uživanje vlaknin ima pomemben učinek na prebavo in črpanje ostalih hranil. Zmanjšujejo hitrost praznjenja želodca in vplivajo na črpanje nekaterih mineralov. Njihova prevelika vsebnost v prehrani športnika ima lahko negativne posledice na vnos zadostnega števila hranil potrebnih za vadbo in regeneracijo po vadbi. Pogostejše uživanje vlaknin pa je povezano tudi z manjšim vnosom maščob ter večjo varnostjo pred rakom črevesja in boleznimi srca in ožilja (Jeukendrup in Gleeson, 2004).

OH razvrščamo tudi glede na njihov glikemični indeks (GI). Ta nam pove, kako hitro se užiti hidrati manifestirajo v krvi v obliki glukoze (Benardot, 2006, str. 16). Osnova pri merjenju je največkrat glukoza, redkeje pa tudi beli kruh. Živila primerjamo z glukozo, ki preide v kri iz prebavil zelo hitro, saj je telesu ni potrebno razgraditi v prebavilih. Merjenje količine glukoze v krvi (GI) se odvija po nočnem postu, meritve pa potekajo prvi 2 uri po zaužitju 50 g hidratov. Večji in hitrejši kot je glukozni odziv, višja je ocena (GI). Glukozni GI ima oceno 100 in je osnova pri ocenjevanju ostalih, kompleksnejših OH. Živila so navadno razdeljena na živila z nizkim GI (GI je 55 ali manj), srednjim GI (GI je med 56 in 70) ter visokim GI (GI je višji od 71) (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 110). Ker količina glukoze in hitrost njene manifestacije v krvi vplivata na količino proizvedenega inzulina, ki je v mirovanju povezan z nalaganjem maščob, je v večini primerov priporočljivo uživati hidrate s srednjim ali nizkim GI. Med in takoj po športni vadbi, ko se vloga inzulina spremeni v anabolni hormon, ki nalaga glikogen v mišične celice, pa je primernejše uživanje hidratov z visokim GI.

Tabela 1: Klasifikacija OH (Benardot, 2006, str. 4; Maughan in Burke, 2005, str. 76).

ENOSTAVNI OH		
SLADKORJI	MONOSAHARIDI OH sestavljeni iz ene molekule	Glukoza Fruktoza Galaktoza
	DISAHARIDI OH sestavljeni iz dveh molekul	Saharoza Laktoza Maltoza
KOMPLEKSNI OGLJIKOVI HIDRATI		
DELNO PREBAVLJIVI POLISAHARIDI	OLIGOSAHARIDI OH sestavljeni iz 3–20 molekul	Maltodextrin Frukto-oligosaharidi Raffinosa Starchyosa Verbascosa
POLISAHARIDI	Prebavljivi škrobni polisaharidi, sestavljani iz 20–1000 molekul	Amiloza Amilopektin Glukozni polimeri
	Neprebavljivi neškrobni polisaharidi, sestavljeni iz 20–1000 molekul	Celuloza Hemiceluloza Pektini Beta-glukagoni
OSTALI	OSTALI OH	Manitol Sorbitol Glikogen Riboza

V Tabeli 1 so OH razdeljeni glede na njihovo sestavo na enostavne in kompleksne OH.

Prebava zaužitih OH poteka s pomočjo številnih encimov. OH razgradijo do glukoze, ki jo telo lahko uporabi kot gorivo za opravljanje dela. Organizem s pomočjo hormonov vzdržuje vrednost glukoze v krvi pod 5.6 mmol/l in hkrati vpliva na prehod glukoze v jetra in mišice, kjer je skladiščena v obliki glikogena. Anabolni proces pretvorbe glukoze v glikogen se imenuje glikogeneza. Sposobnost skladiščenja glikogena v telesu je omejena in odvisna od volumna mišic. Presežek zaužitih OH se pretvori v proste maščobne kisline, ki se v obliki trigliceridov shranijo v maščobnih celicah. Glikogenezi nasproten, katabolni proces je glikogenoliza, pri katerem ob pomanjkanju energije v mišicah ali ob padcu vrednosti sladkorja v krvi iz glikogena v mišicah in jetrih nastaja glukoza (Dervišević in Vidmar, 2009, str. 37).

Tabela 2: Glikemični indeks (GI) živil z visoko vsebnostjo OH (Bernardot, 2006, str. 16).

KLASIFIKACIJA	ŽVILO	GI
visok GI (nad 70)	glukoza	100
	pečen krompir	85
	koruzni kosmiči	84
	pire krompir	83
	med	73
	bel kruh	70
srednji GI (56–70)	polnozrnat kruh	69
	sladke gazirane pijače	68
	saharoza – namizni sladkor	65
	riž	59
	pomarančni sok	57
nizek GI (manj od 55)	zrela banana	52
	čokolada	49
	pomaranča	43
	testenine	41
	jabolko	36
	fruktoza	20

Tabela 2 razvršča živila, ki so pogosto sestavni del jedilnika, na podlagi glikemičnega indeksa in jih deli na živila z visokim, srednjim in nizkim glikemičnim indeksom.

3.2.2 Vloga ogljikovih hidratov pri vadbi za moč

Fizična aktivnost povzroči začasno povečanje energijskih potreb telesa, kar je posledica krčenja aktivnih mišic. Energijske potrebe v največjem obsegu zagotavljata dve gorivi (OH in maščobe), ki sta v obliki makromolekul shranjeni v mišičnih celicah, jetrih, adipoznem tkivu in krvi. Celotna količina porabljene energije ter vir, ki jo zagotavlja, se spreminjata glede na vrsto in predvsem intenzivnost športne aktivnosti (Mooren in Völker, 2005, str. 145).

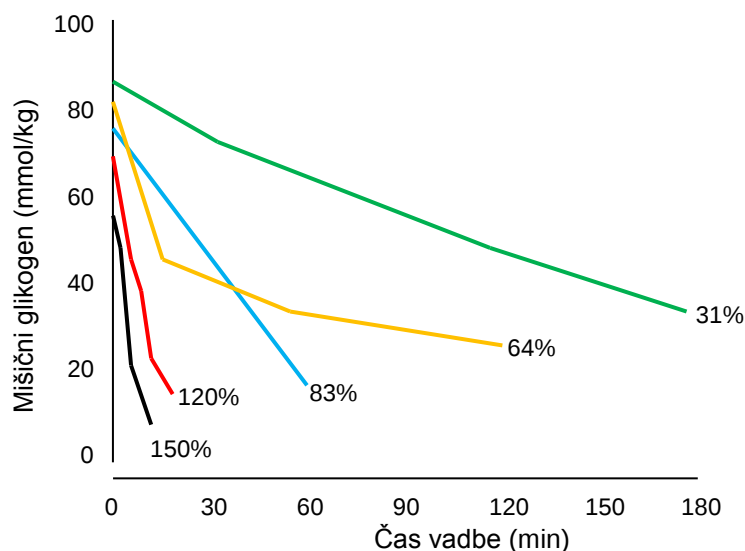
Čeprav je raziskav o vplivu diete bogate z OH, na športe, povezane z največjo intenzivnostjo in močjo, malo, je njihov pozitiven vpliv jasen in logičen. OH so v prehrani športnikov vedno omejitveni dejavnik ne glede na to, kako malo ima športnik podkožnega maščevja, ki je sicer vedno na razpolago, a predstavlja ob kratkotrajnih aktivnostih največje intenzivnosti nepomemben vir za zagotavljanje energije. Tudi raziskave potrjujejo, da je raven mišičnega glikogena pred začetkom športne

aktivnosti eden pomembnejših kazalcev športnikovih sposobnosti (Colgan, 1993, str. 98).

Osnovno vodilo za ugotavljanje individualnih športnikovih potreb po OH naj bo količina telesne maščobe. Če se njen odstotek navkljub napornim treningom in tekmovanjem povečuje, je potrebno količino zaužitih OH zmanjšati. Ta pojav je sicer pri večini športnikov malo verjeten (Colgan, 1993, str. 103). OH naj bi v vsakodnevni športni prehrani predstavljali približno 65 odstotkov vseh zaužitih živil oziroma 7–12 g/kgTT/dan (Benardot, 2006; Maughan in Burke, 2005, str. 81). Od teh pa enostavnih sladkorjev ne sme biti več kot 25 odstotkov. Potrebno je uživati tudi neprebavljive OH (vlaknine), ki pomagajo ohranjati normalne vrednosti krvnega sladkorja in pospešujejo prebavo.

3.2.2.1 Glikogen – gorivo za vadbo

Količina mišičnega glikogena v telesu med vadbo vedno upada. Intenzivna telesna aktivnost pa lahko metabolizem telesa poveča za 20-krat v primerjavi z bazalnim metabolizmom (Mooren in Völker, 2005, str. 145). Ker je mišični glikogen v primerjavi z maščobami, krvno glukozo in jetrnim glikogenom boljše gorivo za nadomeščanje ATP-ja, njegov hiter upad negativno vpliva na vzdrževanje mišičnega dela in neizogibno vodi k zmanjšanju zmogljivosti športnika (Colgan, 1993, str. 105). Večja kot je intenzivnost vadbe, bolj so mišice odvisne od OH kot vira energije za opravljanje dela (Jeukendrup in Gleeson, 2004).



Slika 3: Vpliv intenzivnosti vadbe na razgradnjo mišičnega glikogena (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 103).

Slika 3 prikazuje za koliko in v kakšnem času se znižajo količine glikogena v mišici med različno intenzivno vadbo. Intenzivnost je določena z odstotki maksimalne porabe kisika, padec količine glikogena pa v mmol/kg mišične mase.

V telesu je 87 do 100 gramov glikogena (340 do 400 kcal) skladiščenega v jetrih (Benardot, 2006, str. 8), 300 do 900 gramov (1200 do 3600 kcal), odvisno od velikosti in prehrane človeka, pa v skeletnih mišicah (Benardot, 2006; Jeukendrup in Gleeson, 2004). Glikogen gradijo le glukozne molekule, povezane v visoko razvejano strukturo (Baechle in Earle, 2000, str. 215). Jetrni glikogen je v telesu odgovoren za vzdrževanje nivoja glukoze v krvi, mišični glikogen pa za zagotavljanje energije aktivnim mišicam (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 103). Koncentracija glikogena v skeletnih mišicah povprečne populacije, ki uživa povprečno dieto je okrog 350 mmol/kg suhe teže mišice. Pri dobro treniranih športnikih se te vrednosti gibljejo pri 500 mmol/kg suhe teže. Po nekaj dneh diete z visokim odstotkom OH (10 g/kg/TT) se lahko koncentracija dvigne na 800 mmol/kg ss. Pri dalj časa trajajoči intenzivni aktivnosti pa so zaloge glikogena izčrpane do 100 mmol/kg ss (Mooren in Völker, 2005, str. 145).

Za zagotavljanje sinteze glikogena (glikogeneze) preko celega dne je potrebno poskrbeti za stalen in enakomeren dotok OH, kar dosežemo z uživanjem več manjših obrokov preko celega dne. Razen med in takoj po vadbi, ko je potrebno uživati sladkorje, se priporoča uživanje kompleksnih OH z nizkim GI, ki povzročajo manjše nihanje insulina v krvi. Dr. Costill priporoča predvsem uživanje stročnic (Colgan, 1993, str. 103).

3.2.2.2 Uživanje ogljikovih hidratov pred vadbo

Načrtovano uživanje OH pred vadbo pozitivno vpliva na zaloge glikogena in zmanjša možnost pojava zgodnje utrujenosti ne glede na obliko športne aktivnosti (Benardot, 2006, str. 143).

Med športniki je pred tekmovanji razširjeno "polnjenje OH zalog". To pomeni postopno zmanjševanje količin treninga ter povečanje vnosa OH in tekočin zadnji teden pred tekmovanjem. To je manj primerno predvsem za športnike, kjer povečana telesna teža močno negativno vpliva na rezultat (dviganje uteži, boks, borilni športi, športna gimnastika ...), saj 1 g OH veže nase 3 g vode. Tako pomeni 500 g OH, ki so v telesu hranjeni v obliki glikogena, skupaj z vodo 2 kg višjo telesno težo (Benardot, 2006, str. 143). Tudi v raziskavah, ki povezujejo visoko intenzivne športe z "OH polnjenjem" ni dokazov, da bi to pozitivno vplivalo na dosežke (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 108).

Zadnji večji obrok, največkrat je to zajtrk, naj bi športnik pojedel 3–5 ur pred tekmovanjem. Ta obrok je po nočnem postu, ko je jetrni glikogen praktično izčrpan, izjemno pomemben in naj vsebuje 140 do 330 g kompleksnih OH. V tem času se nekaj zaužitih OH naloži tudi v obliki mišičnega glikogena (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 108).

OH, ki jih športnik zaužije zadnjih 60 minut pred športno aktivnostjo, vplivajo predvsem na jetrni glikogen in povečajo vstopanje glukoze v mišice šele med aktivnostjo. 60–30 min pred vadbo ali tekmovanjem ne uživamo glukoze; primernejše je uživanje manjših količin fruktoze ali OH z nižjim GI, s čemer preprečimo visok dvig inzulina v krvi in prehajanje glukoze iz krvi (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 108).

3.2.2.3 Uživanje ogljikovih hidratov med vadbo

Ker med športno aktivnostjo raven jetrnega glikogena močno pade, ravni sladkorja v krvi ni enostavno, jo je pa nujno, vzdrževati. Čeprav je mišičnega glikogena še dovolj, lahko premalo glukoze v krvi inhibira centralni živčni sistem (CŽS), ki negativno vpliva na rekrutacijo motoričnih enot in posledično na padec mišične sile (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 56). To med maksimalno intenzivno in tehnično zahtevno športno aktivnostjo povzroči mišično utrujenost in poslabša sposobnost koncentracije (Benardot, 2006, str. 8).

Zanesljivi dokazi mnogih raziskav kažejo, da uživanje OH napitkov in hrane bogate z OH, med vadbo, daljšo od 45 min, "prestavi" utrujenost na kasnejši čas in izboljša sposobnosti zaradi naslednjih dejavnikov (Benardot, 2006, str. 142; Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 113):

- ohranja krvno glukozo in zavira porabo jetrnega glikogena;
- zmanjša porabo BCAA in varuje CŽS pred utrujenostjo;
- inhibira nastajanje kortizola in s tem katabolni vpliv na mišice;
- manjša porabo mišičnega glikogena zaradi dotoka glukoze v mišice.

Raziskava, ki je zajela 13 teniških igralcev, je pokazala, da so igralci, ki so med dvourno vadbo uživali OH, ob koncu vadbe izkazali boljšo kvaliteto udarcev kot igralci, ki med vadbo niso uživali OH. To je bilo najbolj očitno, ko je situacija zahtevala visoko hitrost teka, hitre spremembe smeri in eksplozivnost (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 113).

Športnik med aktivnostjo ni sposoben oksidirati več kot 1.1 g eksogenih OH/min. Zato med vadbo ni priporočljivo zaužiti več kot 70 g OH/h (3 srednje velike banane, 1 l izotoničnega napitka ...) (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 113). Dr. Benardot priporoča uživanje od 120 ml do 240 ml OH napitka vsakih 10 min. Študije kažejo, da pri visoko intenzivni vadbi negativni vpliv uživanja OH med vadbo na oksidacijo

maščob ni tako močan kot pri aktivnostih nižje intenzivnosti (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 118).

Med vadbo je za uživanje najprimernejša glukoza in njen polimer maltodextrin. Fruktaza je manj primerna, saj jo morajo v glukozo razgraditi jetra, slabo pa vpliva tudi na prebavo (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 115).

3.2.2.4 Uživanje ogljikovih hidratov po vadbi

Po končani vadbi je najpomembnejši cilj zapolnitev glikogenskih rezerv, ki so bile med vadbo izpraznjene, ter s tem priprava telesa na novo aktivnost.

Na hitrost sinteze glikogena po vadbi vpliva več dejavnikov, ki skupaj določajo uspešnost zapolnitve glikogenskih rezerv:

- aktivnost encima glikogen sintaza;
- transport glukoze v celico, ki je odvisna od koncentracije glikogena v mišici in prisotnosti hormona inzulina v krvi;
- pravočasnost uživanja prave količine in vrste OH:
 - “hitra faza” sinteze glikogena (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 119): odsotnost encima glikogen sintaza je eden od omejitvenih dejavnikov, ki določa hitrost sinteze glikogena v mišicah po vadbi. Ko se rezerve mišičnega glikogena med vadbo izpraznijo, encim spremeni svojo obliko v aktivno in pospešuje tvorbo glikogena. Uživanje glukoze (mnogo manj primerna je fruktoza) ko je raven encima visoka, učinkovito nadomešča zaloge glikogena. Encim glikogen sintaza doseže najvišje vrednosti ob točki največjega pomanjkanja energije, kar je ravno ob koncu fizične aktivnosti. Mišični glikogen lahko nastaja le ob prisotnosti glukoze v mišični celici, to pa je odvisno od prepustnosti celične membrane. Za njen prehod v celico je odgovoren prenašalec GLUT-4, ki je v času fizične aktivnosti ter nekaj ur za tem v membranah mišičnih celic prisoten v ogromnih količinah. Sorazmerno s časom, ki je potekel od konca aktivnosti, se manjša njegova prisotnost v membranah, s tem pa je tudi prehajanje glukoze v mišične celice zavrtlo. Ob večanju koncentracije glikogena v mišicah je encim glikogen sintaza inhibiran in “hitra faza” ustavljena.
 - “počasna faza” sinteze glikogena (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 120): med drugo fazo je sinteza mišičnega glikogena odvisna od prisotnosti hormona inzulina, ki prav tako preko prenašalca GLUT-4 spodbudi prehajanje glukoze v celico, kjer se spremeni v glikogen.

OH, ki jih v obliki napitkov in hrane vnesemo prvi 2 uri po končanem treningu, naj imajo visok glikemični indeks. Takoj po končani aktivnosti se priporoča 200–400 kCal (50–100 g) enostavnih OH, dodatno pa glede na potrebe in porabo med vadbo.

Naslednji 2 uri sledi uživanje OH s srednjim glikemičnim indeksom, preostali del dneva pa naj športnik uživa OH z nizkim glikemičnim indeksom (Benardot, 2006, str. 143). Če športnik zamudi "okno priložnosti" in začne z uživanjem OH šele 2 uri po končani aktivnosti ima 6 ur po koncu aktivnosti 45 % manj mišičnega glikogena, kot če bi OH užival takoj po koncu aktivnosti. Pri uživanju fruktoze je sinteza glikogena za 50 % počasnejša kot v primeru, če športnik takoj po koncu vadbe uživa glukozo ali saharozo (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 121).

3.3 Maščobe

Ob besedi »maščobe« večina pomisli na nepotrebno in zdravju škodljivo živilo, ki športnika ovira pri doseganju optimalnih dosežkov in pomeni balast na njegovem telesu.

V resnici so maščobe potrebne za ohranjanje zdravja ter predstavljajo poleg OH pomemben vir energije predvsem v športih, povezanih z dolgotrajno vzdržljivostjo. Hramba maščob (energije) v telesu v obliki adipoznega tkiva je odigrala skozi človekovo evolucijo pomembno vlogo, saj mu je omogočala dolge migracije ob pomanjkanju in iskanju hrane (Brooks idr., 2004, str. 734).

Uživanje maščob je za človeka potrebno predvsem zaradi pridobivanja esencialnih maščobnih kislin, ki jih telo samo ni sposobno sintetizirati (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 128). Maščobe v prehrani so nujno potrebne za zadostno vnašanje, transport in hrambo v maščobah topnih vitaminov (A, D, E, K). Iz njih v telesu nastajajo hormoni, predstavljajo tudi pomemben sestavni del vseh celičnih membran in živčnih sinaps (Bompa, Di Pasquale, in Cornacchia, 2003, str. 72). Plast telesnih maščob toplotno in mehansko varuje srce, jetra, ledvica, možgane, hrbtenjačo. Maščobe naredijo našo hrano okusnejšo, saj prenašajo aromatične substance. Ker je njihov prebavni čas in čas praznjenja želodca daljši, nam daje bolj mastna hrana občutek sitosti dalj časa. (Benardot, 2006, str. 19; Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 10).

Prehrana s prenizko vsebnostjo maščob in visoko vsebnostjo OH ima lahko negativne posledice. Zmanjšanje vnosa maščob pod 20 odstotkov dnevno zaužite energije povzroči dvig trigliceridov v plazmi in povišanje koncentracije LDL (slabega) in znižanje koncentracije HDL (dobrega) holesterola, kar skupaj vodi k nastanku srčno žilnih bolezni (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 11). Na drugi strani je prevelik vnos nasičenih maščobnih kislin živalskega izvora in nizek vnos vlaknin povezan z nastankom različnih vrst raka in boleznimi srca in ožilja. Zanimivo je, da količinsko enak vnos rastlinskih, nenasičenih maščobnih kislin ni povezan z nastankom teh bolezni. Omega-3 maščobne kisline, ki so prisotne v ribah, celo varujejo pred nastankom nekaterih nevarnih bolezni. Pri Eskimih na Aljaski in Japoncih, pri katerih so ribe pomemben del vsakodnevnega jedilnika, je pojav raka redkejši (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 11).

3.3.1 Zgradba in razvrstitev maščob

Maščobe navadno delimo na olja in masti. Prva so pri sobni temperaturi tekoča, druge pa so v trdnem stanju. Za obe vrsti velja, da sta slabo topni v vodi. Molekule maščob vsebujejo enake strukturne atome kot molekule OH. Značilno zanje je manjše število kisikovih atomov glede na število ogljikovih in vodikovih atomov (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 6).

Maščobe delimo tudi glede na nasičenost, ki je odvisna od števila dvojnih vezi med ogljikovimi atomi v verigi. Maščobne kisline brez dvojnih vezi imenujemo **nasičene m.k.**, take z eno dvojno vezjo v verigi imenujemo **mononenasičene m.k.**, tiste z več kot eno dvojno vezjo med C atomi v verigi pa imenujemo **polinenasičene m.k.** Več kot imajo maščobne kisline dvojnih vezi, lažje kemijsko reagirajo, zato jih telo lažje koristno uporabi (Benardot, 2006, str. 19).

Največji del zaužitih maščob predstavljajo trigliceridi. Presežek zaužitih trigliceridov v prehrani se v enaki obliki skladišči v podkožnih maščobnih celicah ter znotraj mišičnih celic v obliki znotraj mišičnih trigliceridov. Oboje je športniku na razpolago kot vir energije (Benardot, 2006, str. 19; Dervišević in Vidmar 2009, str. 49).

Tabela 3: Vsebnost maščobnih kislin v pogosto zaužiti hrani (izražene kot delež vsebnosti maščobnih kislin) (Bompa, Di Pasquale, in Cornacchia, 2003, str. 75).

Hrana	Nasičene MK (%)	Mononenasičene MK (%)	Polinenasičene MK (%)
Maslo/smetana/mleko	65	30	5
Goveje meso	46	48	6
Svinjsko meso	38	50	12
Piščančje meso	33	39	28
Ribje meso	29	31	40
Kokosovo olje	92	6	2
Palmovo olje	86	12	2
Kakavovo maslo	63	34	3
Oljčno olje	15	76	9
Arašidovo olje	20	48	32
Koruzno olje	13	26	61
Sončnično olje	11	22	67

Tabela 3 predstavlja z maščobnimi kislinami bogata živila rastlinskega in živalskega izvora. Za posamezno živilo je v navedena zastopanost različnih maščobnih kislin.

3.3.1.1 Koristne maščobe

Med zdrave in za športnikovo telo koristne maščobne kisline štejemo **mononenasičene m.k.** (največ jih je v oljčnem olju in olju oljne repice, prisotne pa so tudi v maščobah živali) in **polinenasičene m.k.** (največ jih vsebujejo modre ribe in nepredelana rastlinska olja). Uživanje dveh esencialnih maščobnih kislin: alfa-linolenske omega-3 (potrebna je za normalen razvoj živčevja in rast) in linolne omega-6 (predstavlja pomemben sestavni del celičnih membran in je potrebna za zdravo kožo) je za ohranjanje športnikovega zdravja nujno, saj jih človeško telo samo ni sposobno proizvesti (Benardot, 2006, str. 18).

Mono in polinenasičene maščobne kisline naj bi v prehrani športnika predstavljale večino s prehrano zaužitih maščob (Benardot, 2006, str. 18). Omega-3 m.k. pomagajo pri uravnavanju krvnega pritiska, preprečujejo nastajanje krvnih strdkov, pozitivno vplivajo na imunski sistem, znižujejo raven holesterola v krvi ... (Bompa idr., 2003, str. 73).

Dodatno uživanje esencialnih m.k. v prehrani ima pozitivne vplive na športnika, tudi če mu jih v telesu ne primanjkuje. Vplivale naj bi na pospešeno razgradnjo telesnih maščob – lipolizo ter zavirale izgradnjo telesnih maščob – lipogenezo. Pomanjkanje omega-3 m.k. se med športniki pojavlja bolj pogosto kot pomanjkanje omega-6 m.k., ki so prisotne v rastlinskih oljih, ki tvorijo prehrano večine (Bompa idr., 2003, str. 72-73). To kaže na smiselno pogostejše uživanje rib in dodatno uživanje ribjega olja (Bompa idr., 2003, str. 73).

3.3.1.2 Škodljive maščobe

Zdravju škodljive trans maščobne kisline v naravi ne obstajajo, zato človeško telo skozi evolucijo ni razvilo mehanizma za njihov učinkovit metabolizem. Danes praktično vsebujejo vse predelane maščobe, jedilna olja, margarine itd, ki se uporabljajo v prehranske namene za pripravo kruha, slaščic, čokolade, pri predelavi mesa, velike količine za telo uničujočih trans maščobnih kislin (Colgan, 1993, str. 86).

Tudi večina rastlinskih olj na policah trgovin (koruzno, sončnično ...) je rafiniranih ali hidrogeniranih. Hidrogeniranje predstavlja segrevanje maščob in dodajanje vodika pod pritiskom. S tem postopkom postanejo maščobe kemijsko stabilnejše pri sobni temperaturi in težje pokvarljive. Taka olja postanejo res bolj obstojna, saj se ob napačnem skladiščenju mono in polinenasičene maščobne kisline pod vplivom toplote in svetlobe spremenijo in olja hitro postanejo žarka, a s predelavo postanejo tudi za zdravje izredno škodljiva. Pri predelavi rastlinskih olj se namreč uničijo koristne esencialne maščobne kisline in antioksidanti. Nastale transmaščobne kisline povzročijo pomanjkanje prisotnosti esencialnih m.k. v telesu in posledično povzročajo nastajanje diabetesa, prekomerne telesne teže, nekaterih oblik raka, prizadenejo

celični metabolizem in strukturo celic, negativno vplivajo na imunski sistem in višajo raven škodljivega LDL holesterola v krvi (Bompa idr., 2003, str. 73-74).

3.3.1.3 Holesterol

Holesterol je vosku podobna snov, ki se nabira v stenah krvnih žil in povzroča otrdevanje arterij (Clark, 2008, str. 30). Največji del ga zaužijemo s hrano živalskega izvora, saj je sestavni del živalskih celic, same pa ga lahko proizvajajo tudi skoraj vse človeške celice (Benardot, 2006, str. 18; Clark, 2008, str. 30). Zato ima lahko posameznik visoke vrednosti holesterola v krvi tudi, če ga s hrano ne zaužije veliko. Človeška sposobnost, da lahko proizvede tudi druge oblike maščob glede na svoje potrebe, znižuje potrebe po obilnem uživanju maščob s hrano (Benardot, 2006, str. 18). Količino celokupnega holesterola v krvi zvišuje hrana, ki vsebuje nasičene, hidrogenizirane in trans maščobne kisline. Njegova vrednost v krvi naj ne bi presegla 5 mmol/l krvi (Dervišević in Vidmar, 2009, str. 48).

- LDL holesterol: imenujemo »škodljivi« holesterol, saj maši arterije, njegova prevelika koncentracija v krvi pa pomeni tveganje za srčno-žilne bolezni. Optimalna vrednost je pod 100 mg LDL/dcl krvi (Clark, 2008, str. 30) oz. manj kot 3 mmol/l krvi (Dervišević in Vidmar, 2009, str. 48)
- HDL holesterol: imenujemo tudi »dobri« holesterol, saj pomaga pri odnašanju škodljivega LDL holesterola iz sten krvnih žil. Vrednosti HDL holesterola naj bi bile nad 1 mmol/l krvi za moške in 1.2 mmol/l krvi za ženske (Dervišević in Vidmar, 2009, str. 48). HDL naj bi predstavljal vsaj 25 % celokupnega holesterola. Športna aktivnost pozitivno vpliva na to razmerje, zaradi česar imajo športniki višje vrednosti HDL holesterola in posledično nižje tveganje za nastanek srčno-žilnih bolezni (Clark, 2008, str. 30).

3.3.2 Pomen maščob v prehrani športnika

Po besedah Colgana (1993) obstaja močna negativna korelacija med odstotki telesne maščobe športnika in njegovimi športnimi zmogljivostmi. Telesne maščobe predstavljajo po njegovem mnenju »mrtvo težo«, športnik pa od prenašanja odvečne teže nima nikakršnih koristi (Colgan, 1993). Poudarja, da je najpomembnejši kazalec športnikove zmogljivosti nizka vrednost telesnih maščob.

Zaloge maščob v telesu so v primerjavi z OH zelo velike. Skupna količina energije, shranjene v obliki glikogena v jetrih in mišicah, je okrog 2000 kCal. Zaloge maščob pa so približno 50-krat večje, saj je njihova energetska vrednost 9 kcal/g maščob. Oseba s telesno težo 80 kg in 15 odstotki telesne maščobe ima večji del od 12 kg maščob (108.000 kcal) shranjenih v podkožnem adipoznem tkivu, nekaj pa v obliki

trigliceridov v mišičnih celicah. Od 15 %, jih 12 % predstavlja energijske zaloge, le 3 % pa esencialne maščobe, ki so nujne za zaščito notranjih organov (Colgan, 1993, str. 79). Taka količina maščobe teoretično lahko zagotovi dovolj energije, da človek z njeno oksidacijo preteče vsaj 1300 km (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 128).

Maščobe so pomemben vir energije predvsem v športih, ki so povezani z dolgotrajno vzdržljivostjo; pri športih, povezanih z močjo, zato ne igrajo posebne vloge. Želja športnikov je, da bi med športno aktivnostjo porabili karseda veliko maščob in privarčevali OH. Zato se trenerji in športniki trudijo razviti program hranjenja, ki bi pospeševal metabolizem maščob in upočasnjeval metabolizem OH. Maščobe imajo nekaj pomembnih prednosti pred OH: njihova kalorična vrednost je 9 kcal/g, kalorična vrednost glukoze in beljakovin pa okrog 4 kcal/g. Tako je relativna teža hranjene energije v obliki maščob nižja kot za hidrate ali beljakovine. Molekula oksidiranih maščobnih kislin proizvede 147 ATP, molekula glukoze pa 38 ATP. Pri zagotavljanju določenega števila ATP-ja potrebujemo za popolno oksidacijo maščob več kisika ($26O_2$) kot za oksidacijo glukoze ($6O_2$). To pomeni, da so pri visoko intenzivnih aktivnostih, kjer je poraba kisika največja, za zagotavljanje energije OH primernejši od maščob (Maughan in Burke, 2005, str. 184). Za mišično delo so pomembne predvsem majhne količine v mišičnih celicah hranjenih trigliceridov. Tem mišičnim celicam neposredno dostopnih maščobnih kislin je v mišicah odraslega športnika do 300 gramov (Maughan in Burke, 2005, str. 184). To pomeni 2000 do 3000 kcal energije.

V športnikovi prehrani naj bi po mnenju nekaterih avtorjev delež maščob predstavljal od 20 % do 35 % vseh hranil (Benardot, 2006, str. 18), po mnenju drugih pa naj zaužite maščobe nikakor ne predstavljajo več kot 15 % dnevno zaužitih kalorij (Colgan, 1993, str. 87). Z vidika vadbe za moč ni veliko razlogov za pretirano uživanje maščob. Malo verjetno je, da bi večja količina maščob v dieti športnika prispevala k izboljšanju športnih rezultatov. Izjema so športniki, ki dnevno porabijo več kot 4000 kCal za rast, razvoj ter energijske potrebe vadbe. Ker so maščobe najbolj koncentrirana oblika energije (9 kCal/g), je v tem primeru dodatno uživanje nenasičenih maščobnih kislin smiselno (Benardot, 2006, str. 21). Za zadostitev potreb po omega-3 maščobnih kislinah je zanje priporočljivo 2-krat tedensko uživanje modre ribe (Colgan, 1993, str. 93), saj naj bi imelo to naslednje pozitivne učinke na telo (Benardot, 2006, str. 24) :

- izboljšano vstopanje kisika in hranil v mišice in druga tkiva zaradi nižje viskoznosti krvi;
- povečano izločanje ravnega hormona, kar naj bi pozitivno vplivalo na anabolni efekt po vadbi,
- možna preventiva pred vnetji tkiv;
- zmanjšanje vnetnih procesov, ki so posledica utrujenosti ali prevelikega napora, kar naj bi skrajšalo čas za regeneracijo.

Uživanja drugih, razen esencialnih, maščobnih kislin, bi se morali športniki izogibati.

3.3.2.1 Metabolizem maščob med vadbo

Mišične celice oksidirajo maščobne kisline, ki jih pridobivajo iz mišičnih trigliceridov in adipoznega tkiva, v mitohondrijih (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 128). Mišičnih trigliceridov, ki so v mišičnih celicah prisotni v obliki maščobnih kapljic in locirani ob mitohondrijih, je v mišičnih celicah tipa I več kot v celicah tipa II. Maščobne kapljice se med vadbo manjšajo, kar pomeni, da jih mišice porabljajo za energijo.

V mišičnih celicah treniranih športnikov naj bi bile maščobne kapljice locirane povsem ob mitohondrijih, pri netreniranih pa lokacija maščobnih kapljic v celici ni vezana na mitohondrije (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 130-132).

Oksidacija maščob se povečuje skupaj s trajanjem športne aktivnosti. Verjetno je večja oksidacija povezana z zmanjšano koncentracijo glikogena v mišicah (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 134).

3.3.2.2 Oksidacija maščob je odvisna od intenzivnosti športne aktivnosti

Maščobe predstavljajo dominantno gorivo pri nizko intenzivni vadbi, med visoko intenzivno vadbo pa so poglavitno gorivo OH. Absolutno gledano se oksidacija maščob povečuje linearno skupaj s povečevanjem intenzivnosti športne aktivnosti, čeprav se relativno njihov prispevek k porabljeni energiji manjša. Pri športni aktivnosti, kjer je intenzivnost nad 75 % VO₂max, pride do zavrta in močnega znižanja oksidacije maščob v mišičnih celicah. Absolutna poraba maščob je najvišja pri intenzivnosti vadbe med 62 in 63 % VO₂max. Ob večji intenzivnosti vadbe se oksidacija maščobnih kislin postopoma zmanjšuje, čeprav je stopnja lipolize visoka. Med srednje intenzivno športno aktivnostjo se pretok krvi v adipoznem tkivu poveča za 2-krat, pretok krvi v mišicah pa je tudi močno povečan. Posledično je dotok maščobnih kislin v mišične celice večji (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 134). Med visoko intenzivno vadbo pa se pretok krvi v adipoznem tkivu zmanjša, kar povzroči manjše izplavljanje maščob v kri in mišične celice (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 135). Predvideva se, da je manjša oksidacija maščob med vadbo višje intenzivnosti tudi posledica oslabljenega transporta maščobnih kislin v mitohondrije (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 135).

3.3.2.3 Oksidacija maščob je odvisna od športnikove diete

Na splošno prehrana z visoko vsebnostjo OH in nizko vsebnostjo maščob negativno vpliva na njihovo oksidacijo. Nasprotno dieta z nizko vsebnostjo OH oksidacijo maščob pospešuje. Prilagoditve metabolizma mišičnih celic na različne diete niso odvisne le od razpoložljivosti vrste goriva (OH/maščobe) v mišičnih celicah. Do sprememb metabolizma mišičnih celic in hitrejšje oksidacije maščob pride že po petih

dneh uživanja diete z visoko vsebnostjo maščob (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 137).

Najzanesljivejši način za zaviranje oksidacije maščob med vadbo je uživanje OH. To povzroči povečanje vrednosti inzulina v plazmi, kar vpliva na zaviranje lipolize in posledično manjšo dostopnost m.k. za mišične celice. Večje količine zaužite glukoze eno uro pred začetkom športne aktivnosti imajo za posledico visoke vrednosti inzulina v plazmi ob začetku aktivnosti. Obenem je koncentracija m.k. in glicerola zelo nizka. To povzroči 30 % manjšo oksidacijo maščob med aktivnostjo v primerjavi z vadbo, pred katero športnik ne uživa OH (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 137).

Čeprav natančni mehanizmi niso povsem jasni, zagotovo uživanje OH pred vadbo zmanjša oksidacijo maščob med vadbo zaradi zaviranja lipolize in dostopnosti m.k. za mišične celice. Prav tako je inhibiran transport m.k. v mitohondrije (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 137).

3.4 Beljakovine

V naših telesih ves čas poteka proces samo obnove in rasti – to odgovorno nalogo pa opravljajo beljakovine. Prisotne so povsod v telesu: mišicah, kosteh, vezivnem tkivu, žilah, koži, laseh in zagotavljajo strukturo vsem telesnim celicam, saj so sestavni del celične membrane, citoplazme in celičnih organov. Vsak dan se ob normalni telesni aktivnosti deli tkiv in celic poškodujejo in razpadajo, čemur sledi ponovna izgradnja in zamenjava poškodovanih beljakovin. Vsakih 150 dni je poškodovanih in zamenjanih približno 50 odstotkov vseh beljakovin, ki sestavljajo mišične celice v našem telesu (Kleiner in Greenwood – Robinson 1998). Za športnike sta najpomembnejša rast in razvoj krčljivih beljakovin aktina in miozina. Enako pomembne pa so tudi beljakovine, ki opravljajo vlogo prenašalcev in so sestavni deli encimov.

V štiridesetih letih 19. stoletja je nemški fiziolog Von Liebig zasnoval hipotezo, kjer je domneval, da predstavljajo mišične beljakovine osnovno gorivo pri proizvodnji mišičnega krčenja in dela. Trideset let kasneje je bila s pomočjo eksperimentov ta teorija zavržena. Zaradi zahtevnosti raziskovanja metabolizma aminokislin in beljakovin je naslednjih 100 let veljala teorija, da beljakovine ne predstavljajo nikakršne vloge pri proizvodnji energije za športno aktivnost in mišično delo. Aminokisliline v mišicah naj bi služile le kot rezervoar, ki ga telo potrebuje za sintezo krčljivih beljakovin in encimov (Maughan in Burke, 2005, str. 119). Danes vemo, da so majhne količine določenih aminokislin (alanin, glutamin in leucin) vključene v metabolizem pri zagotavljanju energije za mišično delo. Aminokisliline pa niso pomembne le kot gorivo. Ob premajhni prisotnosti OH dvignejo krvno glukozo s procesom glukoneogeneze, ki se odvija v jetrih; pomagajo pa tudi pri izkoriščanju maščob za gorivo (Brooks idr., 2004, str. 159; Maughan in Burke, 2005, str. 119).

Energijska vrednost beljakovin je približno 4 kcal/gram, kar je enako kot pri OH. Beljakovine naj bi predstavljale 12 do 15 odstotkov vseh dnevno zaužitih kalorij. Ljudje, ki se ne ukvarjajo aktivno s športom, bodo zadostili potrebam telesa, če bodo zaužili 0.8 g beljakovin za vsak kilogram telesne teže.

Zadostnemu vnosu beljakovin je v modernem svetu lahko zadostiti, saj potrebe telesa niso prevelike. Ker so meso, ribe in mlečni izdelki najboljši viri beljakovin, saj posamezen obrok vsebuje vse aminokisliline, so le vegetarijanci podvrženi tveganju za pomanjkanje beljakovin. Beljakovine živalskega izvora, ki imajo višjo biološko vrednost, nadomeščajo z žiti in stročnicami, ki so prav tako bogat vir beljakovin, a z nižjo biološko vrednostjo. Posamezna živila rastlinskega izvora namreč ne vsebujejo vseh aminokislin, zato je potrebno njihovo kombiniranje, da zadostimo potrebam po vseh esencialnih aminokislinah (žita in stročnice v istem obroku) (Clark, 2008, str. 140). Izjema so sojine beljakovine, ki se po kvaliteti lahko primerjajo z beljakovinami

živalskega izvora (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 13). Žal je soja poleg koruze gensko najbolj spremenjena (manipulirana) rastlina, posledično je njena uporaba v prehrani vprašljiva.

Športniki vse pogosteje uživajo beljakovine v obliki napitkov, pripravljeni iz različnih koncentratov beljakovin (sirotkine, mlečne). Ne obstajajo zanesljive raziskave, ki bi dokazale, da ima uživanje beljakovin v obliki prehranskih dopolnil prednost pred uživanjem kvalitetnih beljakovin živalskega izvora v običajni dieti (Bompa idr., 2003, str. 95). Verjetno je celo obratno, da vsebujejo beljakovine iz naravnih virov v obliki, kot jih je ustvarila narava, še ne povsem raziskane bioaktivne snovi, ki bi lahko pozitivno vplivale na rast in razvoj posameznika (Clark, 2008, str. 127). Uporaba beljakovin v obliki prehranskih dopolnil sicer predstavlja tudi prednosti, ker:

- so preproste za uporabo, hranjenje, prevoz in so težko pokvarljive;
- vsebujejo nižji odstotek maščob kot nepredelane beljakovine živalskega izvora;
- omogočajo več zaužitih beljakovin in hkrati manj zaužitih kcal;
- so nekatera dopolnila celo cenejša kot nepredelana hrana;
- je njihova uporaba v obliki nadomestnega obroka zelo enostavna in hitra (Bompa idr., 2003, str. 95).

3.4.1 Zgradba in razvrstitev beljakovin in aminokislin

Telo 70 kg težkega človeka gradi okrog 12 kg beljakovin – polimerov aminokislin in 200 do 220 g prostih aminokislin. Že sintetizirane in proste aminokisline neprestano menjajo svojo vlogo ob razpadanju starih in sintezi novih beljakovin. Skeletne mišice predstavljajo 40–55 odstotkov telesne teže odraslega človeka. Od tega jih povprečno 7 kg predstavljajo beljakovine, med katerimi najpomembnejšo vlogo igrata krčljivi beljakovini miozin in aktin. Približno 120 g prostih aminokislin je prisotnih v skeletnih mišicah, le 5 g pa jih je v krvnem obtoku (Maughan in Burke, 2005, str. 119).

Zaužite beljakovine najprej prebavimo v manjše polipeptide in nato v posamezne aminokisline, te pa se z ostalimi v telesu proizvedenimi aminokislinami združujejo v t.i. bazen aminokislin (sestavljajo ga proste aminokisline v krvni plazmi in znotrajcelični tekočini, večji del pa aminokisline v jetrih in skeletnih mišicah) (Brooks idr., 2004, str. 161). Telo nato iz »bazena« izbira aminokisline, ki jih potrebuje za izgradnjo specifičnih beljakovin. Aminokisline, ki jih telo lahko sintetizira iz ostalih aminokislin, imenujemo **neesencialne**. Tiste, ki jih mora pridobiti s hrano, imenujemo **esencialne** aminokisline. Vseh aminokislin je 20; od tega je 11 neesencialnih, 9 pa esencialnih. Ker je metabolizem vseh aminokislin med seboj povezan, jih je s hrano potrebno zaužiti zadostno količino vseh dvajset. Pomanjkanje le ene od aminokislin lahko negativno vpliva na normalno sintezo beljakovin (Jeukendrup in Gleeson, 2004).

Tabela 4: Aminokisline (Benardot, 2006, str. 28).

NEESENCIALNE AMINOKISLINE		ESENCIALNE AMINOKISLINE	
Alanin – Ala		Histidin – His	(c)
Arginin – Arg	(b)	Izolevcin – Ile	(a)
Aspargin – Asn		Levcin – Leu	(a)
Aspartat – Asp		Lizin – Lyz	
Cistein – Cys	(b)	Metionin – Met	
Glutamat – Glu		Fenilalanin – Phe	
Glutamin – Gln	(b)	Treonin – Thr	
Glicin – Gly	(b)	Triptofan – Trp	
Prolin – Pro	(b)	Valin – Val	(a)
Serin – Ser			
Tirozin – Tzr	(b)		

(a) Razvejane aminokisline

(b) Pogojno esencialne aminokisline, ki jih je potrebno uživati pod določenimi pogoji

(c) Če te esencialne aminokisline ne uživamo, se to ne pokaže v obliki negativnega dušikovega ravnovesja.

Tabela 4 prikazuje vseh 20 aminokislin, razdeljenih v dve skupini. V prvi skupini so našteje neesencialne aminokisline, ki jih lahko telo sintetizira samo. V drugi skupini so našteje t.i. esencialne aminokisline, ki jih lahko človek dobi le s hrano.

3.4.2 Beljakovine in aminokisline v povezavi z razvojem moči

Tradicionalno predstavlja dieta z velikim deležem beljakovin sinonim za športnike, katerih cilj je povečanje moči. Vzrok za to je napačna teorija, ki pravi, da ogromen vnos beljakovin povzroči želeno rast mišic. Resnica je, da so močne mišice posledica napornega in smiselnega treninga moči in ne prekomernega uživanja beljakovin (Clark, 2008, str. 127). Mnogo športnikov vidi beljakovine kot ključ do športnih uspehov in redki so športniki, ki se uprejo uporabi beljakovinskih dodatkov. Večina, ki jih uporablja, pa je prepričana, da je njihov uspeh povezan z uživanjem omenjenih dodatkov (Benardot, 2006, str. 31).

Športniki največkrat res potrebujejo večji vnos beljakovin kot nešportniki zaradi sledečih razlogov:

1. Po navadi imajo višji odstotek puste telesne teže in potrebujejo več beljakovin za njegovo vzdrževanje.
2. Športniki porabijo del beljakovin za energijo med fizično aktivnostjo. Beljakovine prispevajo 5–15 % energije med počitkom. Med športno aktivnostjo v visoko intenzivnih kratkotrajnih aktivnostih pa je ta odstotek zanemarljiv, saj večino

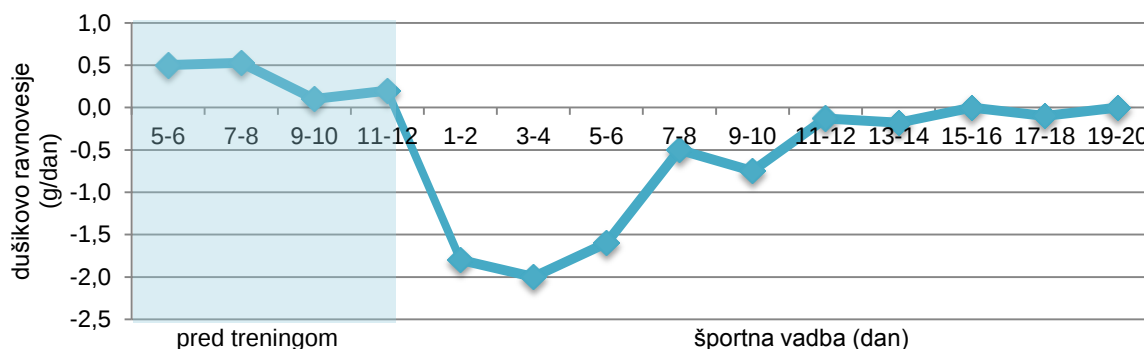
goriva prispevajo OH. Količina za energijo porabljenih beljakovin se povečuje sorazmerno s praznjenjem glikogena iz mišic in jeter. Med vadbo oksidirane aminokisline ne prihajajo iz razgradnje krčljivih beljakovin. V resnici jih med športno aktivnostjo v mišici oksidira le 6 (BCAA, aspartat, asparagin in glutamat) (Antonio in Stout, 2001, str. 113) od 20 aminokislin (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 156).

3. Vadba moči povzroči mikro poškodbe mišic, ki potrebujejo za svoje popravilo in rast dodatne beljakovine (Benardot, 2006, str. 33). Hipertrofijo povzroči povečana sinteza beljakovin, ki se vrši v času odmora med dvema enotama vadbe. Razgradnja mišičnih beljakovin je povečana po treningu za moč, vendar je manjša kot njihova sinteza. Dvig razgradnje in sinteze beljakovin je prisoten po 3 in 24 urah, na raven v mirovanju pa se vrne 48 ur po visoko intenzivni vadbi moči (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 156). Študije so pokazale, da se športnikovo telo na vadbo prilagodi tako, da porablja beljakovine bolj varčno in učinkovito, pri čemer pride do manjše razgradnje in izgube beljakovin (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 158).

Čeprav je pri športnikih potreba beljakovin povečana, jih večina užije preveč (Benardot, 2006, str. 31). Za razliko od vzdržljivostne vadbe, se pri vadbi za moč poraba aminokisline levcin v mišicah ne poveča močno. To pomeni, da je delež beljakovin, porabljenih za energijo, zelo nizek. Pregovorno višja potreba beljakovin naj bi bila povezana predvsem z mišično hipertrofijo. Gontezee, Sutzeescu in Dumitranche (1975) so pokazali, da negativno dušikovo ravnovesje, ki se uporablja za prikazovanje povečane porabe beljakovin v telesu, izgine po 12 dneh treninga. Večja potreba po beljakovinah je tako samo začasna. Ob ponovnem povečanju količine in intenzivnosti treninga verjetno pride do ponovnega povečanja porabe beljakovin (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 157). Iz tega sledi, da je potrebno večje količine beljakovin uživati predvsem v pripravljalnem obdobju, ko so potrebe organizma zaradi velikih količin in visoke intenzivnosti treninga največje. V ostalih obdobjih lahko preveč beljakovin za telo pomeni breme.

Uživanje prevelikih količin beljakovin (več kot 3 g/kg TT/dan) ima lahko mnogo negativnih posledic. Večji delež beljakovin v športnikovi dieti pomeni manjše količine zaužitih OH in posledično manj energije za premagovanje naporov. Dieta z obilico beljakovin živalskega izvora je povezana z večjimi količinami zaužitih živalskih maščob, kar ima prav tako lahko za športnika negativne posledice. Prekomerno uživanje beljakovin lahko močno obremeni in poškoduje ledvice, poviša nivo lipoproteinov v krvi ter povzroča dehidracijo in povečano izločanje kalcija (Benardot, 2006, str. 31; Clark, 2008, str. 132). Zato morajo športniki, ki uživajo večje količine beljakovin, povečati tudi vnos tekočin, da preprečijo dehidracijo in omogočijo odvajanje sečnine (Clark, 2008, str. 132; Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 166). Ob

skrbi za hidracijo je lahko pogosto odvajanje urina med treningi ali tekmovanji moteče (Clark, 2008, str. 132).



Slika 4: Dušikovo ravnovesje kot odziv na športno vadbo (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 157).

Na Sliki 4 je s pomočjo dušikovega ravnovesja, ki se uporablja kot indikator porabe beljakovin v telesu, prikazano, kako se potrebe po beljakovinah spreminjajo ob tem, ko se telo adaptira na določen trening.

Odvečne beljakovine, ki jih telo ne porabi za obnovo in rast tkiv, shranimo v podkožnem maščobnem tkivu ali jih ob pomanjkanju OH uporabimo kot vir energije. Žal človek ni sposoben shranjevati večjih količin beljakovin in aminokislin podobno kot hrani OH in predvsem maščobe. Zato je potrebno beljakovine uživati vsak dan, še bolje pa večkrat dnevno v manjših količinah (Clark, 2008, str. 127). Predno se beljakovine uporablja kot gorivo za športno aktivnost, mora telo odstraniti amino skupino, ki vsebuje dušik. Del odvečnega dušika telo odstrani v obliki amonijaka, večji del pa v obliki sečnine, ki nastane v jetrih in je izločena v kri. Iz krvi jo prefiltrirajo ledvica in izločijo v obliki urina, med aktivnostjo pa tudi s potom (Brooks idr., 2004, str. 164).

Priporočljiv dnevni vnos beljakovin za športnike je med 1.2 in 1.7 grama na kilogram telesne teže (Benardot, 2006, str. 30). Z normalno dieto športniki tem zahtevam zadostijo brez težav. Osnovno načelo športne prehrane je, da uživanje zadostnih količin OH varuje pred razgradnjo in potrošnjo beljakovin za energijo, ki jih telo uporabi za pomembnejše naloge. Študije so pokazale, da lahko človek za popravilo in izgradnjo tkiv v najboljšem primeru porabi 1.5 g beljakovin/kgTT (Benardot, 2006, str. 32). Med športniki največ beljakovin zaužijejo kolesarji 3 g/kgTT/dan in bodybuilderji od 2.5 g/kgTT/dan do 6 g/kgTT/dan, najmanj pa igralci hokeja na travi 1 g/kgT/dan (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 158). Raziskave sicer potrjujejo, da so potrebe športnikov po beljakovinah povečane tako pri treningu moči, kakor tudi pri treningu vzdržljivosti (Bompa idr., 2003, str. 70). Nezadostne količine beljakovin uživajo predvsem tekmovalci v športni gimnastici in rokoborci.

Ni dokazov, da uživanje beljakovin v obliki prehranskih dopolnil (1 g/kgTT) skupaj z beljakovinami bogato osnovno dieto izboljša moč ali poveča mišično maso (Clark, 2008, str. 129). Na drugi strani mnoge raziskave kažejo, da uživanje beljakovinskih in OH dodatkov pred, med in po vadbi moči pospeši mišično hipertrofijo. Zvišana koncentracija inzulina po vadbi namreč izboljša prehajanje aminokislin v mišične celice, kar promovira mišično hipertrofijo (Brooks idr., 2004, str. 772). Ni pa pomembna le količina, temveč tudi vrsta beljakovin v športnikovi dieti. V raziskavi so mesne beljakovine zamenjali s sojinimi in ugotovili povišane vrednosti manj bioaktivnega testosterona v krvi. Ob dieti s tofujem so bile vrednosti testosterona znižane (Bompa idr., 2003, str. 71). Hrana z visoko vsebnostjo beljakovin se prebavlja dolgo časa, zato uživanje večjih količin beljakovin tik pred in med aktivnostjo ni priporočljivo. Obrok, zaužit pred vadbo, in napitki med vadbo naj vsebujejo kar največ OH ter manj aminokislin ali sirotkinih beljakovin. Veliko dokazov pa kaže, da je predvsem dodajanje beljakovin hrani in pijači takoj po vadbi smiselno. Uživanje 0.1 g/kgTT beljakovin v kombinaciji z 1.2 g/kgTT OH takoj po intenzivni vadbi moči izboljša ravnovesje mišičnih beljakovin in napolni glikogenske rezerve (Benardot, 2006, str. 35).

3.5 Prehranska dopolnila

Prve olimpijske igre so se v Grčiji odvijale davnega leta 776 p.n.št. Podatki kažejo, da so že v tistem obdobju nekateri športniki uživali halucinogene gobe, bikove testise in sezamovo seme z željo po izboljšanju svojih športnih nastopov. V moderni dobi olimpizma pa so ergogena sredstva doživela velik razcvet. Leta 1935 je bil prvič sintetiziran testosteron, v 40. letih pa so športniki začeli uporabljati anabolične steroide za povečanje mišične moči. V 50. in 60. letih so se amfetamini in anaboliki uporabljali v veliki meri, zato je leta 1960 mednarodni olimpijski komite njihovo uporabo prepovedal. Uradno testiranje dopinga se je pričelo leta 1969; 19 let kasneje je na Ol kanadski sprinter Ben Jonson padel na doping testu zaradi uživanja anabolnih steroidov in izgubil osvojeno zlato medaljo v teku na 100 m (Benardot, 2006, str. 103).

Športniki se skozi vso zgodovino poslužujejo uporabe prehranskih dopolnil zaradi njihovega verjetnega ergogenega učinka in zato, da zadostijo ogromnim potrebam po energiji, ki jo porabljajo med vadbo in tekmovanji, ter za regeneracijo po končani vadbi. Danes, ko so zgoraj navedena poživila prepovedana, se športniki poslužujejo najrazličnejših dovoljenih farmakoloških in prehranskih dopolnil. Kolesarji na večdnevni etapni dirki porabijo tudi do 6500 kCal/dan. Tako veliko količino hrane bi težko užili brez prehranskih dopolnil, ki jih uporabljajo med vožnjo, saj je zaradi velikih naporov njihov apetit zmanjšan, prebava pa upočasnjena (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 157). Podobno je tudi pri dvigalcih uteži, ki imajo dnevno 6 ur treninga, razdeljenega na 4 do 6 vadbenih enot. Brez prehranskih dopolnil, ki nadomeščajo obroke in zagotavljajo pravočasen vnos hranil, bi bile mišice podvržene katabolnim procesom (Zatsiorsky in Kraemer, 2006). Mnoge raziskave dokazujejo, da so potrebe športnikov po hranilih bistveno večje kot pri povprečnem človeku. Glede na obdobje v trenažnem ciklu je podobno kot vrsto in intenzivnost treningov potrebno spreminjati tudi količino in zastopanosti različnih dnevno zaužitih hranil. Pri doseganju tega cilja so športniku v pomoč tudi prehranska dopolnila zaradi dveh vzrokov:

- večje potrebe po določeni substanci le določeno obdobje (kreatin, ko je napor večji od običajnega). V obdobjih, ko dodajanje ni potrebno, je to nesmiselno.
- če se določeno prehransko dopolnilo uporablja daljše obdobje, se telo nanj navadi in so posledično rezultati uporabe slabši.

Predno športnik poseže po prehranskih dopolnilih, se mora zavedati, da je za dobro počutje in napredek v športu najpomembnejša osnovna dieta. Prehranska dopolnila so prav to – dopolnila, ki ne nadomeščajo osnovne prehrane, ampak jo le dopolnjujejo (Bompa idr., 2003, str. 102).

Dandanes je na tržišču več kot 600 vrst prehranskih dopolnil, ki jih uporablja 40–100 % športnikov. Med športniki, ki so bili zajeti v raziskavi (Burk in Read 1993), jih mnogo uživa več dopolnil hkrati in v prevelikih odmerkih (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 232). Vsak posameznik, ki uporablja prehranska dopolnila se mora zavedati, da velik del substanc, ki so reklamirane kot ergogena, nima ergogenih učinkov. Če jih slučajno ima, ti največkrat izginejo, ko posameznik uživa poleg zdrave in uravnotežene prehrane tudi dopolnila. Za zdravega in uspešnega športnika je tako najpomembnejša pravilno uravnotežena dieta, ki je ob vsem tudi mnogo cenejša od pripravkov v tabletah, praških in brizgah. Pomembnejša izjema na tem področju je kreatin, katerega uživanje pa mora biti natančno načrtovano; posledice njegovega dolgoročnega uživanja namreč še niso povsem jasne (Benardot, 2006, str. 102). Vprašljiva je tudi čistost prehranskih dopolnil. Nemški laboratorij, akreditiran s strani Mednarodnega olimpijskega komiteja, je poročal o vsebnosti različnih anabolnih steroidov v raznih prehranskih dopolnilih. Med 634 testiranimi vzorci, jih je 94 (skoraj 15 %) vsebovalo dovolj anabolikov, da bi njihovo uživanje povzročilo pozitiven rezultat na doping testu (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 263).

Velik problem je tudi nerelevantnost podatkov, ki predstavljajo neko živilo kot ergogeno. Večina podatkov ni podprta s strani znanstvenih študij, učinkovitost dopolnil pa opisujejo kar proizvajalci sami. Za razliko od zdravil prehranska dopolnila niso več let natančno in obsežno klinično testirana na osnovi celic in nato na organizmih, rezultati raziskav pa poleg tega v strokovnih člankih niso predstavljeni in ponovno preverjeni (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 232).

Pred pričetkom uporabe prehranskega dopolnila, ki naj bi imelo ergogeni učinek, je zato potrebno kritično oceniti raziskave in rezultate o morebitnem pozitivnem učinku tega dopolnila:

- je imela raziskava natančno določeno hipotezo;
- je bila raziskava opravljena na izoliranih celicah, živalih ali človeku;
- je bila v raziskavi zajeta populacija reprezentativna;
- so bile uporabljene primerne tehnike merjenja;
- ali ostale raziskave potrjujejo ugotovitve.

Če se športnik odloči uporabljati prehranska dopolnila, se mora zavedati, da sam prevzema odgovornost za morebitne pozitivne ali negativne posledice uživanja dopolnil. Med poplavo proizvajalcev pa naj izbere prehranska dopolnila, ki jih proizvaja veliko uveljavljeno podjetje, ki ima dolgo preteklost proizvodnje različnih dopolnil in karseda veliko referenc. Na začetku uživanja prehranskega dopolnila mora biti športnik pozoren na morebitne stranske učinke uživanja, kot sta pojav slabosti in prebavnih motenj. Prehranska dopolnila so po navadi koncentrirane kemične spojine, s katerimi telo, ko so užite s hrano in v manjših količinah,

razpolaga brez težav. Če jih uživamo v večjih količinah, imajo lahko negativne učinke (Benardot, 2006, str. 114).

3.5.1 OH-izotonični napitki

Osnovni namen uživanja športnih napitkov med vadbo je nadomeščanje vode in mikroelementov v telesu ter nadomeščanje dela med športno aktivnostjo izgubljene energije. Izotonični napitki, ki jih športniki uživajo med vadbo, navadno vsebujejo OH. Glavni faktor, ki vpliva na hitrost, s katero so OH in voda absorbirani, je koncentracija OH v napitku. Če njihova koncentracija v napitku preseže 7 %, se prebava upočasni. Če je koncentracija nižja od 7 %, je čas prebave praktično nespremenjen in podoben času absorpcije vode. Nekaj nižja koncentracija elektrolitov in OH glede na plazmo vodi do hitrejšje absorpcije napitka v primerjavi z mnogo višjo ali nižjo koncentracijo OH in elektrolitov v napitku. 6–7% raztopina OH torej zagotavlja najhitrejšo absorpcijo.

Na hitrost prebave vplivata vrsta OH v napitku ter osmolarnost napitka. Osmolarnost in koncentracija enostavnih sladkorjev v napitku sta močno povezana. Napitki z visoko koncentracijo OH imajo ponavadi visoko osmolarnost. Študije kažejo, da se napitki z višjo osmolarnostjo prebavijo počasneje, vendar ta faktor ni pomemben pri napitkih, katerih osmolarnost je 200 mOsm/L–400 mOsm/L. V ta razpon sega tudi večina izotoničnih OH napitkov. Osmolarnost, ki izraža količino topljenca v raztopini, je v večini telesnih tekočin okrog 290 mOsm/L. V primeru, da ima vsebina želodca nizko osmolarnost (pod 280 mOsm/L), prehaja voda iz prebavil proti krvi, katere osmolarnost je višja (300 mOsm/L). Če pa je osmolarnost vsebine želodca višja od 300 mOsm/L, kar se zgodi po zaužitju raztopin z visoko koncentracijo glukoze, pa se smer prehajanja vode spremeni. Po principu osmoze gre voda proti prebavilom. Višja osmolarnost napitkov upočasnjuje absorpcijo vode, kar lahko privede športnika do dehidracije (Benardot, 2006, str. 84, 86; Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 93, 97).

Tabela 5: Osmolarnost telesnih tekočin in napitkov (Jeukendrup in Gleeson, 2004).

Raztopina	osmolarnost (mOsm/L)
voda	10–20
pot	170–220
prebavni sok	280–303
kri	300
Isostar	296
Gatorade	349
Pepsi-Cola	568
Coca-Cola	650
sadni sok	450–690

V Tabeli 5 je prikazana različna osmolarnost telesnih tekočin, pogosto uporabljeni športni napitki, sladke gazirane pijače in sadni sok.

3.5.2 Beljakovinski dodatki

Uživamo jih v več manjših dnevnih obrokih, saj večina športnikov ni sposobna prebaviti več kot 30 g beljakovin naenkrat. Taka količina ustreza šestim jajčnim beljakom ali običajnemu beljakovinskemu napitku. Raziskave, ki dokazujejo potencialni ergogeni učinek uživanja dodatkov na človeka, se v večini primerov izvajajo ob postu, ko je telo v stanju pomanjkanja beljakovin; na pacientih ali sedentarnih osebah in le redko na športnikih, ki uživajo kvalitetno in polnovredno prehrano. Zato je pred njihovo uporabo potrebno nekaj skeepse.

Navadno se beljakovinski dodatki pojavljajo v treh osnovnih oblikah:

1. Nepredelane beljakovine – polipeptidi: najpogosteje so to mlečne beljakovine – kazein, sirotkine beljakovine – whey, albumin iz jajčnih beljakov in sojine beljakovine. Glavni argument za njihovo uporabo je, da se človekov prebavni sistem že vso zgodovino prilagaja razgradnji polipeptidov. Dodatki se največkrat nahajajo v obliki praškov, ki so primerni za mešanje v napitke.
2. Hidrolizirane beljakovine: pridobivajo se s pomočjo encimskih kopeli, ki polipeptide razgradijo na posamezne aminokisline, dipeptide (2 aminokislini) in tripeptide (3 aminokisline). Dipeptide in tripeptide organizem najlažje absorbira iz črevesja in po venah pošlje proti jetrom, kjer se ustvarja »bazen aminokislin«, pripravljenih za sintezo novih beljakovin. Za razliko od posameznih aminokislin za absorpcijo ne potrebujejo pomoči natrija in tako ne porabljajo energije za njegov aktivni transport (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 93).
3. Aminokisline: uporaba posameznih aminokislin omogoča nadomeščanje tistih aminokislin, ki so med športno aktivnostjo največkrat podvržene katabolnim procesom in jih telo s pomočjo glukoneogeneze uporablja kot vir energije (levcin, glutamin) (Colgan, 1993, str. 159).

Med beljakovinskimi dodatki se v raziskavah kot najprimernejše za uporabo navajajo hidrolizirane beljakovine. Dipeptidi in tripeptidi naj bi signalizirali jetrom, da proizvedejo anabolni rastni faktor Somatomedin C (IGH-1), ki stimulira rast mišic (Colgan, 1993, str. 161). Hidrolizirane beljakovine se iz črevesja absorbirajo hitreje kot proste aminokisline in polipeptidi. Boljše je tudi njihovo zadrževanje v telesu. Osebe, ki so uživale hidrolizirane beljakovine, so pusto telesno težo razvijale 50 % hitreje od oseb, ki so uživale proste aminokisline ter 30 % hitreje od oseb, ki so uživale polipeptide (Colgan, 1993, str. 161).

Pri uporabi beljakovinskih dodatkov se ne smemo osredotočiti le na esencialne aminokisline. Raziskave kažejo, da le esencialne in neesencialne aminokisline, povezane v dipeptide in tripeptide, zagotavljajo organizmu informacije za njihovo uporabo za rast in razvoj. Izključitev uživanja neesencialnih aminokislin onemogoča tudi uporabo esencialnih aminokislin (Colgan, 1993, str. 161).

3.5.2.1 Sirotkine beljakovine – Whey

Sirotko je tekočina, ki nastane po koagulaciji in odstranitvi kazeina med pridelavo skute. Sirotko vsebuje 50 % vseh vitaminov in mineralov mleka ter 20–24 % beljakovin mleka. Sirotkine beljakovine so edinstvene v tem, da vsebujejo velike količine esencialnih aminokislin, med njimi mnogo lisina, metionina, cistina in BCAA. V primerjavi z mlečno beljakovino – kazeinom, so sirotkine beljakovine hitreje prebavljive, zato se aminokisline v krvni plazmi pojavijo v krajšem času po zaužitju (Antonio in Stout, 2001, str. 123; Clark, 2008, str. 145). Do takih rezultatov so raziskovalci prišli po 10-urnem postu, kar pri športnikih navadno ni slučaj. Raziskovalci so v drugi raziskavi ugotovili, (Antonio in Stout, 2001, str. 123) da telo uporabi aminokisline iz novo zaužitih beljakovin za sintezo beljakovin, »stare aminokisline« pa uporabi za oksidacijo. Uživanje sirotkinih beljakovin, naj bi poleg hitrejše rasti in razvoja pozitivno vplivalo tudi na boljšo odpornost, ki je ob napornih treningih lahko prizadeta. Ker je prebava wheya hitra in ker je bogat z BCAA aminokislinami, je najprimernejši čas za njihovo uživanje pred, med in takoj po vadbi, ko so potrebe po aminokislinah v telesu največje (Antonio in Stout, 2001, str. 128; Clark, 2008, str. 145).

3.5.2.2 Mlečne beljakovine – Kazein

Kazein predstavlja približno 80 % mlečnih beljakovin. Sodi med visoko kakovostne beljakovine, ki povečajo nivo aminokislin v telesu in izboljšajo metabolizem beljakovin (Antonio in Stout, 2001, str. 124). Raziskave na živalih in ljudeh kažejo, da se v prebavilih razgradi in absorbira počasi, zato je počasnejša tudi sinteza novih beljakovin. Tako se aminokisline v krvni plazmi pojavijo šele 300 min po zaužitju (Antonio in Stout, 2001, str. 124). Zanimivo je, da čeprav se enako kot sirotkine beljakovine pridobivajo iz mleka, je njihov metabolizem veliko počasnejši. Uživanje kazeina rahlo poveča sintezo beljakovin, njihovo oksidacijo in zmanjša razgradnjo beljakovin. Zaradi počasnejše prebave je primeren čas za njihovo uživanje tik pred spanjem, s čimer športnik zagotovi stalno prisotnost zadostne količine aminokislin, ki jih telo potrebuje v anabolni fazi (Antonio in Stout, 2001, str. 128).

3.5.3 Aminokisline

Predvsem dvigalci uteži in bodybuilderji uživajo različne aminokisline pod pretvezo, da spodbujajo izločanje ravnega hormona, ki je povezan z rastjo mišic. Posamezne aminokisline naj bi spodbujale tudi izločanje inzulina iz trebušne slinavke. Inzulin velja za anabolični hormon, ki pospešuje vstopanje aminokislin in sintezo beljakovin ter vstopanje glukoze in sintezo glikogena v mišičnih celicah. Prebava aminokislin je zelo zapletena. Ena aminokislina se lahko spremeni v drugo, a prekomerno uživanje posamezne aminokisline lahko pripelje do neravnovesja, saj presežek ene zavira absorpcijo ostalih. V strokovni literaturi se kot potencialno ergogene aminokisline najpogosteje pojavljajo BCAA-razvejane aminokisline in glutamin.

1. BCAA-razvejane aminokisline: mednje štejemo tri esencialne aminokisline, leucin, izoleucin in valin, ki jih enako kot beljakovinske dodatke v obliki tablet ali praškov uživamo v več manjših dnevniških obrokih. Poleg OH in maščob se jih šteje kot tretje gorivo skeletnim mišicam (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 161). Med anaerobno in aerobno športno aktivnostjo se iz mišic sproščata neesencialni aminokislini alanin in glutamin v večjih količinah kot ostale aminokisline. Ker sta na tak način iz telesa izločeni in se v mišicah pojavi njuno pomanjkanje, ju morajo ostale aminokisline med in po športni aktivnosti nadomestiti. Ker BCAA aminokisline predstavljajo 1/3 vseh mišičnih beljakovin, je njihova aktivnost pri nadomeščanju med vadbo izgubljenega alanina zelo verjetna. Ugotovljeno je bilo, da se oksidacija leucina že pri neintenzivni aerobni vadbi poveča za 240 %. Obstaja velika verjetnost, da sta oksidaciji izolevcina in valina podobni. Colgan (1993) priporoča zagotavljanje zadostne količine BCAA aminokislin v krvi, kar naj bi pomagalo pri ohranjanju mišične mase in posledično moči (Colgan, 1993, str. 162). Pomembna prednost razvejanih aminokislin je, da se po zaužitju izredno hitro pojavijo v krvi, kjer so na voljo mišicam, saj jih jetrom ni potrebno predhodno predelati (Clark, 2008, str. 145). V raziskavi (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 161) je bilo dokazano, da se med športno vadbo oksidacija BCAA poveča za 2 do 3-krat, medtem ko se oksidacija maščob poveča za 10-krat, oksidacija OH pa celo za 20-krat. Dodatno uživanje OH med športno aktivnostjo pa oksidacijo BCAA še zmanjša, kar kaže na to, da BCAA ne predstavljajo pomembne vloge pri zagotavljanju energije med športno vadbo. (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 161).

Navkljub pomanjkanju močnih dokazov o učinkovitosti uživanja dodatnih BCAA, jih športniki še naprej uživajo, čeprav je cena BCAA v obliki prehranskih dodatkov mnogo višja, kot če jih uživamo z normalno hrano. Colganov inštitut iz San Diega priporoča uživanje 2.4 g leucina, 3.5 g valina in 1.4 g isoleucina za 70 kg težkega športnika. Za primer: 100 g piščančjih prsi vsebuje 0.7 g leucina, 0.5 g valina in

0.4 g izoleucina. Enako količino aminokislin BCAA vsebuje tudi 40 g arašidov (Jeukendrup in Gleeson, 2004).

2. GLUTAMIN je neesencialna aminokislina, ki je iz glutamata sintetiziran v mišicah, maščobnem tkivu, jetrih ... (Antonio in Stout, 2001, str. 113) Med vsemi prostimi aminokislinami je v naših mišicah in plazmi prisoten v največjih količinah, saj predstavlja kar 50 % do 60 % vseh prostih aminokislin (Antonio in Stout, 2001, str. 113; Bompia idr., 2003, str. 97; Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 163). Tanko črevo porabi približno 40 % vsega glutamina kot gorivo, za obnovo in razvoj. Količina glutamina naj bi bila močno povezana s sintezo mišičnih beljakovin. Ker lahko prenaša 2 dušikovi molekuli, je odgovoren za transport dušika med tkivi ter za regulacijo kislino-bazičnega stanja telesa (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 163). Med in po končani športni aktivnosti je koncentracija alanina in predvsem glutamina v krvi med vsemi aminokislinami največja, kar kaže na to, da sta najbolj podvržena katabolnim vplivom vadbe. Njuna izguba pa predstavlja 50 % vseh med aktivnostjo izgubljenih aminokislin (Colgan, 1993, str. 376, 377).

Večja prisotnost glutamina v telesu naj bi imela pozitivne anabole ter imuno stimulative učinke, njegovo dodatno uživanje pa preprečuje katabolizem mišic (Jeukendrup in Gleeson, 2004). Največja prednost dodatnega uživanja glutamina je, da mišica med in po vadbi ne porablja znotraj celičnega glutamina, preprečuje razgradnjo in omogoča potencialno povečanje količine mišičnih proteinov. Ko ga je v mišičnih celicah dovolj, ostale aminokisline niso prisiljene v izgradnjo glutamina za vzdrževanje njegove koncentracije, zato so celici na voljo za sintezo novih krčljivih beljakovin (Bompia idr., 2003, str. 97). Glutamin spodbuja izločanje rastnega hormona in drugih anaboličnih hormonov. Podpira tudi imunski sistem za boj proti infekcijam in boleznim. Udeležen je pri celjenju poškodb in zmanjšuje možnost pojava pretreniranosti (Bompia idr., 2003, str. 97; Clark, 2008, str. 212). Vsi te dejavniki namigujejo, da je dodajanje glutamina kot prehranskega dopolnila smiselno, saj igra pomembno vlogo pri izboljšanju treninga moči (Bompia idr., 2003, str. 97).

Za preprečevanje padca koncentracije glutamina v krvi je potrebno po športni aktivnosti dodajati 0.1 g glutamina/ kg TT vsakih 30 min v obdobju dveh do treh ur (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 163).

3.5.4 Kreatin (metilguanidin očetna kislina)

Obseg uporabe kreatina kot ergogenega sredstva se je močno povečal po olimpijskih igrah v Barceloni leta 1992. Do OI v Atlanti leta 1996 pa naj bi ga uporabljalo že 80

% vseh atletov (Williams in ostali 1999). Svetovna letna poraba kreatina je bila leta 2000 ocenjena na 3000 ton (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 247).

Kreatin ni esencialno živilo, saj ga telo v jetrih in ledvicah samo sintetizira iz dveh neesencialnih aminokislin (glicina in arginina) ter esencialne aminokisline metionina. Za napolnitev telesnih zalog s kreatinom ga dnevno potrebujemo približno 2 g, enaka količina (okrog 1.6 % vsega skladiščenega kreatina) pa se ga v obliki kreatinina vsak dan izloči z urinom. Z normalno prehrano ga dnevno zaužijemo do 1 g, enako količino pa pridobimo z endogeno sintezo. Med živili se ga največ nahaja v rdečem mesu in ribah, zelo majhne količine pa v zelenjavi. V telesu se v največji meri hrani v obliki prostega kreatina ter fosfokreatina, ki igra pomembno vlogo pri zelo intenzivni telesni aktivnosti. Kot dodatek se večinoma pojavlja v obliki kreatin monohidrata.

3.5.4.1 Absorbcija in skladiščenje kreatina v telesu

Študije so pokazale, da se oralno zaužiti kreatin nedotaknjen absorbira iz črevesja in nato preide v krvni obtok (Osredkar, 2002, str. 8). Mišice kreatina ne sintetizirajo, zato je sposobnost mišičnih celic, da asimilirajo kreatin iz plazme tista, ki določa celično koncentracijo kreatina. Ker je kreatin osmotsko aktivna substanca, povzroči njegovo dodatno uživanje večji dotok vode v celico in posledično večjo telesno težo. Največje telesne zaloge kreatina se nahajajo v skeletnih mišicah. Telo 70 kg težkega človeka vsebuje približno 120 g kreatina, od tega ga je 95 % skladiščenega v mišicah, preostalih 5 % pa v jetrih, ledvicah, možganih in modih. 60–70% se ga nahaja v obliki fosfokreatina, ki ni zmožen prehajati skozi celično membrano in je tako ujet znotraj mišičnih celic, kjer se lahko uporabi za sintezo ATP, preostali del pa se nahaja v obliki prostega kreatina (Osredkar, 2002, str. 8).

Sposobnost absorbcije kreatina v telesu pa ni pri vseh športnikih enaka. Ugotovljeno je bilo, da pride pri osebah z nižjo začetno koncentracijo PCr do večjega porasta kot pri osebah z višjim začetnim nivojem PCr (Osredkar, 2002, str. 16). Obstajajo tudi posamezniki, ki se na dodajanje kreatina ne odzivajo, saj že imajo optimalno koncentracijo intracelularnega kreatina, ki znaša med 150–160 mmol/kg ss. To vrednost doseže okrog 20 % oseb. Domneva se, da ko nivo mišičnega kreatina doseže svoj plato, njegova koncentracija v mišici ne narašča več (Osredkar, 2002, str. 16). Na absorbcijo in nalaganje kreatina v mišicah pa naj bi pozitivno vplivala tudi visoko intenzivna vadba, ki ji sledi uživanje kreatin monohidrata ter uživanje enostavnih OH skupaj s kreatin monohidratom (Osredkar, 2002, str. 17).

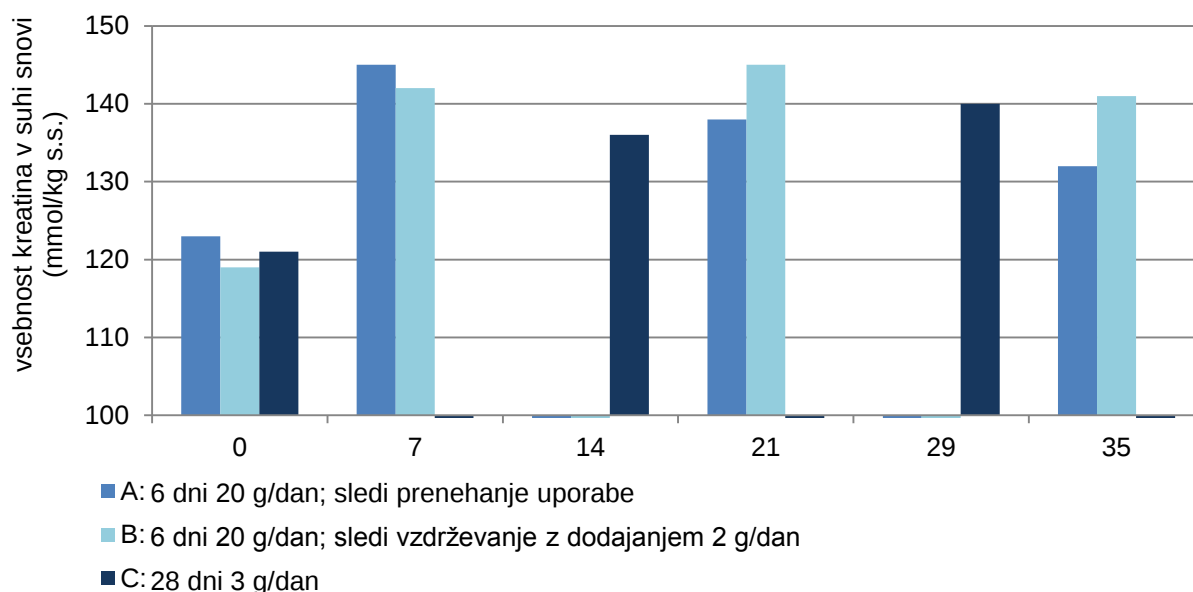
3.5.4.2 Protokol uživanja kreatina v obliki prehranskega dopolnila

V mnogih člankih in opisih o uživanju ene od pojavnih vrst kreatina na spletu ter v športnih revijah so protokoli uživanja zelo različni. V večini primerov pa so vprašljive predvsem velike količine in trajanje uživanja kreatina. V strokovni literaturi sta

opisana dva protokola, ki zagotavljata najboljše rezultate polnjenja zalog in vzdrževanja zalog kreatina v plazmi na najvišji ravni ter obenem ne obremenjujeta organizma. Za zagotavljanje optimalne absorpcije in preprečitev dehidracije je ob kreatin monohidratu potrebno dnevno zaužiti 4–8 l vode (Osredkar, 2002, str. 15).

Pri večini raziskav o polnjenju zalog kreatina se uporablja režim 20 g/dan v 4 preko dneva enakomerno razporejenih obrokih, po 5 g kreatin monohidrata, raztopljenih v 250 ml vode, ter 6 dni zapovrstjo. Ta režim poveča koncentracijo mišičnega kreatina za povprečno 25 mmol/kg mišične mase. To pomeni 20 % več od normalne koncentracije kreatina v mišicah, ki je približno 125 mmol/kg mišične mase (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 249). Količino užitega kreatina natančneje določamo s pomočjo telesne teže. V fazi nalaganja tako uživamo 0.3 g/kgTT, v fazi vzdrževanja pa 0.03 g/kgTT. Uživanje več kakor 20 g kreatina dnevno v obdobju petih dni ne zagotavlja nobene dodatne koristi (Osredkar, 2002, str. 15). Ob tem se je pokazalo, da je po končanem nalaganju (6 dni 20 g/dan) za vzdrževanje nivoja količine kreatina naslednjih 35 dni potrebno zaužiti le 2 g kreatin monohidrata dnevno. V primeru popolnega prenehanja uživanja po 6 dneh nalaganja se koncentracija kreatina v mišicah počasi znižuje (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 249) in se vrne na začetno vrednost po približno 28 dneh (Osredkar, 2002, str. 18)

Pri drugem režimu dodajanja pa se uživa 3 g kreatin monohidrata dnevno. Po 28 dneh je koncentracija kreatina v mišicah zelo podobna koncentraciji, ki jo dosežemo s 5-dnevnim režimom po 20 g. Tako je prvi režim primeren za hitro nalaganje, drugi pa je primernejši, ko to ni potrebno. V obeh primerih je bila koncentracija PCr v mišici v 1 mesecu povečana za 40 % (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 250).



Slika 5: Različni protokoli uporabe kreatina (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 249).

Slika 5 prikazuje, kakšen vpliv na koncentracijo kreatina v mišici ima uživanje kreatina z različnimi protokoli. Situacija je 4 tedne po začetku uživanja ne glede na protokol zelo podobna.

Koncentracija mišičnega kreatina se še bolj poveča, če se ga uživa skupaj z raztopino enostavnih OH (4-krat dnevno 5 g kreatina in 90 g OH-glukoze). Užiti OH povzročijo izločanje inzulina, ki stimulira nalaganje kreatina v mišicah (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 250). Koncentracija inzulina se 20 minut po zaužitju OH poveča kar za 17-krat. V raziskavi, kjer so kreatinu dodajali enostavne OH, se je večina merjencev približala zgornji meji koncentracije kreatina, 160 mmol/kg ss. Izločanje kreatina z urinom se je pri skupini, ki je kreatinu dodajala OH, zmanjšalo za 50 %. To kaže na pomen inzulina pri zadrževanju kreatina v telesu.

3.5.4.3 Vloga kreatina v športih povezanih z največjo močjo

Vira ATP-ja za opravljanje posameznih ali ponavljajočih se najintenzivnejših kratkotrajnih obremenitev sta uskladiščeni ATP ter s fosfokreatinom izvedena hitra refosforilacija ADP-ja. Ker PCr predstavlja najpomembnejši substrat, se domneva, da je z dodajanje kreatina možno povečati količino PCr, da bi ta med ali po vadbi najhitreje fosforiliral ADP. Stopnja izboljšanja športnih rezultatov, ki so posledica dodajanja kreatina, je tesno povezana s stopnjo akumulacije mišičnega kreatina v času dodajanja (Osredkar, 2002, str. 18). Izboljšanja rezultatov ni zaznati, če se koncentracija celotnega kreatina poveča za manj kot 20 mmol/kg ss. V mišicah je koncentracija fosfokreatina največja v belih, hitro krčljivih, vlaknih, kar pomeni, da je največji napredek možno pričakovati prav pri športnikih z največjim odstotkom hitrih mišičnih vlaken. Dokazano je namreč, da se kreatin v hitrih IIb vlaknih prednostno asimilira ter da je ergogeni učinek v teh vlaknih največji. Tu pa so prav športniki, ki se ukvarjajo s športi, kjer je potrebno dosežati največjo in hitro moč tisti, ki lahko pričakujejo pozitivne vplive dodajanja kreatina (Osredkar, 2002, str. 16).

Od 23 študij, ki so vrednotile učinek jemanja kreatina na izotonično moč/vzdržljivost, jih je 17 pokazalo izboljšanje pri različnih meritvah, ki so se izvajale. Dobljeni rezultati potrjujejo, da dodajanje kreatina lahko izboljša učinkovitost pri takih izotoničnih meritvah, kot sta 1RM in število ponovitev do utrujenosti (Osredkar, 2002, str. 21). Wagenmakers (1999b) sklepa, da dodajanje kreatina omogoča izvedbo večjega števila ponovitev in morda celo anabolni efekt. Kreatin povzroči večje zadrževanje vode v mišicah, kar povzroči zatekanje mišičnih celic. Ta pojav je znan kot univerzalni anabolni signal, ki lahko povzroči povečano sintezo in skladiščenje krčljivih beljakovin v celici (Jeukendrup in Gleeson, 2004, str. 253).

V športih, kjer je rezultat odvisen predvsem od relativne in ne toliko absolutne moči (gimnastika, borilni športi), ima dodajanje kreatina zaradi posledičnega povečanja

telesne teže lahko tudi negativne posledice. Pri skoku v višino se je kot primernejše od dodajanja kreatina pokazalo dodajanje 250 kCal OH, saj je povečana telesna teža športnike pripeljala do slabših športnih rezultatov (Benardot, 2006, str. 106).

3.5.4.4 Varnost in smiselnost uporabe kreatina

Raziskave ne poročajo o za zdravje negativnih posledicah uživanja kreatina. A vendar je kot posledico uživanja kreatina v obliki prehranskega dopolnila morda lahko pričakovati prebavne težave, težave srčno-žilnega sistema, mišične krče kot posledico dehidracije, slabost, drisko. Mnogo je pričevanj o negativnem vplivu na delovanje jeter, ledvic ter posledično stalno povišanem kreatininu v seču, povišanem krvnem tlaku ... Vendar pa so rezultati dobro nadzorovanih kliničnih raziskav pokazali, da ni nobenih dokazov za to, da bi uživanje kreatina povzročalo katerega od stranskih učinkov, o katerih se govori. Lahko da je do zgoraj naštetih težav prišlo zaradi prekomernega uživanja kreatina ali uživanja dopolnila vprašljive kakovosti.

Nujno je potrebno upoštevati, da je bilo opravljenih malo raziskav o dolgoročnem uživanju kreatina. Tiste raziskave, ki pa so bile opravljene, pa negativnih posledic niso pokazale. Zavedati se moramo, da je kreatin v širši splošni uporabi šele dobrih 20 let in zato relevantnih podatkov o posledicah dolgoročnega uživanja še ne moremo pričakovati.

Mnogo strokovnjakov se strinja, da je uživanje kreatina v obliki prehranskega dodatka primerno za odrasle, izdelane, vrhunske športnike. Mladi naj napredek iščejo v trdem treningu in nadgradnji tehnike (Clark, 2008, str. 208).

Morda ponujajo ustrezno rešitev o vseh vprašanjih o kreatinu nekatere države članice EU, ki so kreatin uvrstile na seznam prepovedanih substanc. Kreatin je potemtakem doping (Osredkar, 2002, str. 35). K taki odločitvi spodbuja tudi etični kodeks, saj si stalnega uživanja dragih ergogenih sredstev ne morejo privoščiti vsi športniki.

3.5.5 Zaključek prehranskih dopolnil

Ugotoviti je mogoče, da je vključitev prehranskih dopolnil in njihova redna uporaba ob optimalni osnovni prehrani prava znanost in umetnost. Tudi ob poznavanju vseh znanstvenih dognanj mora posamezni športnik na podlagi izkušenj sam ugotoviti, kako posamezni dodatek vpliva na njegovo prebavo, počutje in sposobnosti. Samo športnik lahko oceni, kdaj in v kakšnih količinah mu katero dopolnilo odgovarja. Navkljub mnogim zelo verjetnim pozitivnim učinkom uporabe prehranskih dopolnil na

športne zmogljivosti uporabnikov je za popolno potrditev potrebno opraviti še mnogo raziskav (Bompa idr., 2003, str. 102).

3.6 Moč – psihomotorična sposobnost

Telesa športnikov mnogokrat primerjamo s stroji. A za razliko od stroja, se športnikovo telo prilagodi fiziološkemu stresu in izboljša svoje delovanje (Brooks idr., 2004, str. 7). V procesu športne vadbe trener in športnik ves čas strmita k izboljševanju vseh psihomotoričnih sposobnosti, ki vodijo do boljših športnih rezultatov. Čeprav je kakovost vsakega giba pogojena z razvitostjo vseh psihomotoričnih sposobnosti, se pri večini športov moč pokaže kot osnova. To velja predvsem za vse tiste športne zvrsti, pri katerih je uspeh odvisen od eksplozivnosti in hitrosti gibanja. Če je trening športnika usmerjen predvsem k razvijanju moči, postane ta njegova dominantna sposobnost, posredno pa vpliva na ostale sposobnosti. Vpliv je lahko pozitiven (hitrost, hitrostna vzdržljivost) ali negativen (dolgotrajna vzdržljivost). Razumevanje in vključitev principov treninga moči v trenažni proces je torej osnova za doseganje vrhunskih športnih rezultatov (Bompa, 1999, str. 315).

Izboljševanja moči se lahko lotimo na dva različna načina. Prvi je skozi izvajanje gibov, značilnih za določen šport: met kopja, met na koš, plezanje ..., drugi pa s specifičnimi metodami za razvoj moči. Slednji način vodi do od 8 do 12-krat hitrejšega napredka v moči. Torej je specialni trening moči eden najpomembnejših elementov vadbe za hitrejšo doseganje boljših rezultatov (Bompa, 1999, str. 318-319).

Mišično moč predstavlja produkt sile in hitrosti. Ker je sila proporcionalna prečnemu preseku (število vzporedno postavljenih aktinskih in miozinskih niti), hitrost pa dolžini (število zaporedno postavljenih sarkomer), je moč proporcionalna produktu obeh, torej volumnu mišice (Lasan, 2004, str. 127).

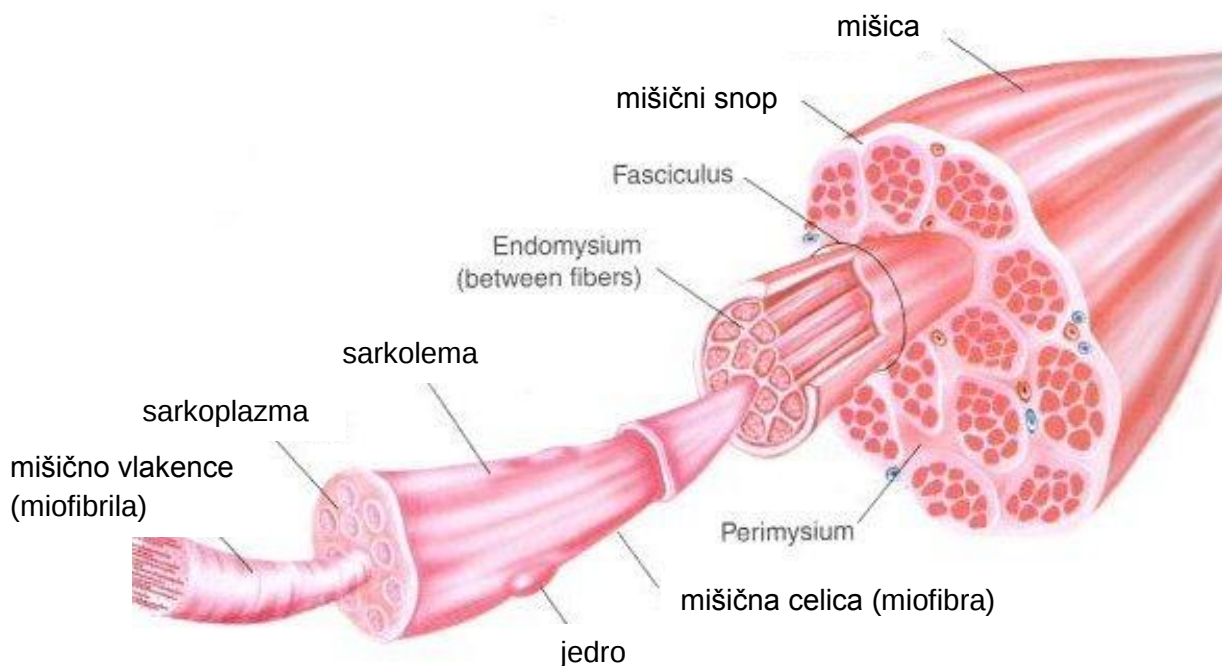
3.6.1 Zgradba in značilnosti skeletnih mišic

660 skeletnih mišic (Brooks idr., 2004, str. 363) tvori 40–50 % celotne teže človeškega telesa. 75 % mišične mase predstavlja voda, 5 % anorganske snovi, 20 % pa vrsta beljakovin. Od 20 % beljakovin predstavljajo 12 % miofibrilne beljakovine preostalih 8 % pa encimi, membranske beljakovine, transportni kanali in drugo (Brooks idr., 2004, str. 369).

SKELETNE MIŠICE: so s kitami pripete na okostje, njihova skupna značilnost je krčljivost. Medtem ko se aktivna mišica krajša (koncentrično) ali daljša (ekscentrično), opravi delo. Krčljivost se lahko odraža tudi kot povečanje napetosti mišice, pri čemer se njena dolžina ne spremeni (izometrično).

Sila, ki se razvije med krčenjem mišic, omogoča premikanje in spreminjanje medsebojne lege kosti, ki so povezane v sklepih. Spreminjanje medsebojne lege delov telesa je pod vplivom dveh ali več nasprotno delujočih antagonističnih mišic ali mišičnih skupin.

Skeletne mišice so sestavljene iz skupine specializiranih mišičnih celic (mišičnih vlaken), oživčenih z α motonevroni. Vsak motonevron oživčuje več mišičnih vlaken, ki jih hkrati aktivira. Funkcionalno zvezo, sestavljeno iz motonevrona in njemu pripadajočih mišičnih vlaken, imenujemo motorična enota, stik motonevrona z mišičnim vlaknom pa motorična ploščica. Med stopnjevanjem mišične kontrakcije lahko hkrati naraščata število in vrsta aktiviranih motoričnih enot (rekrutacija) ter frekvenca živčnih impulzov iz α motonevronov (frekvenčna modulacija) (Anselme, Perilleux in Richard, 1999, str. 124).



Slika 6: Zgradba mišice (Baechle in Earle, 2000, str. 4)

Slika 6 prikazuje anatomsko zgradbo mišice in mišične celice.

Mišična celica je sestavljena iz mišičnih vakenc – miofibril, ta pa iz mišičnih nitk – miofilamentov. Vsako mišično celico, skupino celic in celotno mišico obdajajo ovojnice iz vezivnega tkiva. V sarkoplazmi mišične celice so poleg miofibril še mitohondriji, sarkoplazemski retikulum, transverzalni tubuli, jedra pod sarkolemo, zrnca glikogena, kapljice trigliceridov itd. V vsaki miofibrili si zaporedno slede številne sarkomere, ki predstavljajo najmanjšo funkcionalno enoto mišične celice. Krčljivi del mišične celice – miofibrile sestavljajo tri vrste proteinov:

- **krčljivi proteini**, ki neposredno sodelujejo pri mišični kontrakciji (aktinske in miozinske niti);
- **uravnalni proteini**, ki skupaj s kalcijem uravnavajo pojav krčenja ali sprostitve (tropomiozin, troponin);
- **strukturni proteini**, ki tvorijo ogrodje miofilamentov. Protein M na sredini H pasu povezuje miozinske molekule. Alfa aktin tvori Z linijo. Titin pripenja miozinsko nitko na Z linijo (Lasan, 2004, str. 89).

Miozinska nitka: je sestavljena iz miozinskih molekul, ki imajo dolg rep in glavico. Rep tvorita med seboj oviti polipeptidni verigi, ki se končujeta z globularno glavico. V miozinski nitki so repi postavljeni vzporedno drug ob drugem, glavice pa so razporejene okrog nitke. Glavice miozinskih nitk imenujemo tudi prečni mostički. Na vsaki glavici sta dve aktivni mesti, prvo za vezavo z aktinom, drugo pa ima funkcijo katalizatorja hidrolize ATPja.

Aktinska nitka: je sestavljena iz številnih globularnih molekul aktina, ki tvorijo dve verigi, oviti med seboj. Na aktinski nitki so razporejena mesta za vezavo z miozinom. V stanju mirovanja so prekrita z nitasto molekulo tropomiozina. V sklopu aktinske niti so postavljeni še skupki treh globularnih molekul troponina (troponin I, troponin T in troponin C), ki imajo vsak svojo funkcijo. Troponin I inhibira aktivnost miozin ATP-aze. Troponin T je vezan na tropomiozin in ga zadržuje v takem položaju, da prekriva mesta na aktinu za kontakt z miozinom. Troponin C pa je receptor za kalcijeve ione.

Mišično krčenje je drsenje aktinskih nitk med debelejšimi miozinskimi nitkami. Teorija drsenja temelji na procesu vzpostavljanja povezave med miozinskimi glavicami in aktivnimi mesti na aktinu ter premikanju prečnih mostičkov proti sredini sarkomere. Krčenje je torej posledica zaporedno potekajočih ciklov prečnih mostičkov (Lasan, 2004, str. 95).

TIPI MIŠIČNIH CELIC:

Mišične celice se med seboj razlikujejo po dveh kriterijih (Lasan, 2004, str. 111) :

1. Po hitrosti krajšanja oziroma hitrosti naraščanja napetosti v mišični celici se delijo na hitre in počasne.
2. Po encimskem vzorcu in količini encimov za resintezo ATP-ja se delijo na oksidacijske in glikotične. Hitrost rezinteze ATP-ja je odvisna od encimskega vzorca ter količine in aktivnosti encimov v mišični celici.

Po teh kriterijih se mišične celice delijo na: tip I (počasne oksidacijske), tip IIa (hitre oksidacijske) in tip IIb (hitre glikotične).

AKTIVACIJA MIŠIČNE CELICE:

Mišično celico vzdraži živčni dražljaj, ki pripotuje po nevritu alfa motonevrona. Vsak motonevron oživčuje 5–1700 mišičnih celic. Vsako mišično celico oživčuje le en alfa motonevron. Vse mišične celice, ki jih oživčuje en alfa motonevron, tvorijo skupaj z njim motorično enoto. Mišične celice posamezne motorične enote so po tipu vse enake in so razporejene po mišici tako, da se ena druge ne dotikajo. Manjše motorične enote so odgovorne za fina gibanja, velike motorične enote pa so v mišicah, s katerimi opravljamo aktivnosti, ki zahtevajo veliko moči. Ko pride impulz po alfa moto nevronu preko motorične ploščice do mišičnih celic, se vse mišične celice v motorični enoti, po principu »vse ali nič«, sočasno skrčijo z največjo silo (Anselme idr., 1999, str. 130; Baechle in Earle, 2000, str. 18; Lasan, 2004).

3.6.2 Strukturne in funkcionalne spremembe, povezane z razvojem moči

Nekatere strukturne in funkcionalne lastnosti športnikovega telesa so podedovane in jih določa športnikov genotip. Genski material ima pred pričetkom vadbe neznane meje razvoja in prilagoditve športnikovega telesa. Prav zgornja meja genskega potenciala posameznega športnika določa absolutne prilagoditvene kapacitete na trening. Dobro načrtovani trening moči ob pravilni in zadostni prehrani omogoča športniku, da doseže meje svojega genskega potenciala. Ko s treningom povzročimo strukturne in funkcionalne spremembe rečemo, da smo spremenili športnikov fenotip. Ta s svojimi prilagoditvami zrcali sposobnosti prilagoditve, ki jih določa genotip. S treningom se fenotip kronično, ne pa trajno, spreminja. V primeru nezadostnega ali prešibkega trenažnega signala prilagoditve fenotipa izginejo in se vrnejo na stanje pred pričetkom vadbe.

Ena neizogibnih posledic vadbe za moč je poškodba mišičnih vlaken. Na poškodbo se mišice odzovejo z izrednimi prilagoditvenimi sposobnostmi, ki jih imenujemo tudi plastičnost. Plastičnost se odraža predvsem kot sprememba količine in kakovosti mišičnega in vezivnega tkiva (Brooks idr., 2004, str. 430, 433, 436; Ušaj, 2003, str. 80).

3.6.2.1 Živčni sistem

Pril sedentarnih ljudeh je po daljšem obdobju vadbe (2–3 mesece) običajno zaznati 30–40 % povečanje moči, kar močno prekaša hipertrofijo mišic. Prav tako je opazno hitro povečanje moči takoj po začetku obdobja, namenjenega razvijanju te motorične sposobnosti. Hitro začetno izboljšanje se pripisuje predvsem optimizaciji mišične aktivacije. Napredek v treningu moči v prvih mesecih je močno povezan s povečano inhibicijo antagonističnih mišic in boljšo aktivacijo sinergističnih mišic, inhibicijo

varovalnih mehanizmov (golgijev tetivni refleks) in sposobnostjo aktivacije vseh motoričnih enot.

Ob treningu, ki vključuje velike mišične skupine za premagovanje največjih bremen, se športnik prilagodi z bolj učinkovitim izrabljanjem mišične mase, ki jo že ima. To se zgodi ne glede na povečanje prečnega preseka, do česar pride kasneje. Na začetku obdobja funkcionalno izboljšanje presega strukturne spremembe (dobiš več, kot vidiš). Kasneje v nadaljevanju obdobja (po nekaj mesecih) pa funkcionalne spremembe zaostanejo za strukturnimi (dobiš manj, kot vidiš) (Brooks idr., 2004, str. 439-440). Hipertrofija postane očitna po 6–8 tednih vadbe (Baechle in Earle, 2000, str. 29).

FREKVENČNA MODULACIJA: Med treningom moči se živčni sistem prilagodi s povečanjem frekvence živčnih signalov na motorično enoto in posledično povečanjem trajanja in moči mišičnega krčenja. Večje in močnejše hitre motorične enote potrebujejo za aktivacijo in vključitev v gibanje višjo frekvenco živčnih impulzov. Enoka je leta 1995 določil, da se sila, ki jo lahko povzroči posamezna motorična enota poveča za 300–1500 %, ko se frekvenca impulzov poveča od najnižje do najvišje frekvence impulzov. Frekvenčno modulacijo motoričnih enot izboljšujejo športniki z vadbo eksplozivne moči (Brooks idr., 2004, str. 469).

REKRUTACIJA: Motorične enote so aktivirane po principu velikosti. Najprej manjše in kasneje velike motorične enote. Če želimo premagovati največja bremena z največjo silo, moramo biti sposobni rekrutirati karseda veliko motoričnih enot (M.E.). Nešportniki niso sposobni aktivirati hitrih M.E. v taki meri kot vrhunski športniki. Hitre motorične enote torej lahko vključimo v gibanje le, če jih med vadbo aktiviramo. Tako mora najprej priti do prilagoditve živčnega sistema, preden so te M.E. lahko aktivirane (Baechle in Earle, 2000, str. 144; Brooks idr., 2004, str. 470).

Med normalnim gibanjem se hitre M.E. navadno ne aktivirajo ali pa se aktivirajo zadnje. Rekrutirane so predvsem pri gibanjih, ki zahtevajo največjo hitrost giba ali premagovanje največje sile. Obstajajo pa tudi izjeme, kjer se princip rekrutacije M.E. obrne in se prve rekrutirajo hitre M.E. Izkušeni dvigalci uteži in drugi vrhunski športniki so sposobni inhibirati počasne M.E. in aktivirati tiste z visokim vzdražnostnim pragom. Centralni živčni sistem se prilagodi tudi tako, da zavre mehanizme inhibicije. Do teh prilagoditev pride redko in le pri dobro teniranih gibih, povezanih z največjo silo in hitrostjo.

V primeru skupne rekrutacije motoričnih enot pride do njihove sinhronizacije. Ta prilagoditev vodi do gladkega pospeševanja, večje največje moči ter podaljšanja časa, v katerem je športnik sposoben dosegati visoko mišično napetost.

3.6.2.2 Kost, hrustanec in vezivno tkivo

VEZIVNO TKIVO: Mehanična sila, ki nastaja med vadbo moči je najboljši signal za rast in razvoj kit, vezi in ovojnic. Stopnja prilagoditve tkiv je sorazmerna z intenzivnostjo vadbenega signala. Podobno kot kosti in mišice se mora tudi vezivno tkivo okrepiti, da vzdrži sile, ki jih izvajajo vedno močnejše mišice. Trening moči tako povzroči povečanje velikosti in števila celic vezivnega tkiva. Zanimivo je, da je rast vezivnega tkiva predpogoj za hipertrofijo mišic. Zaradi slabše prekrvavljenosti in cirkulacije pa potekajo spremembe vezivnega tkiva v primerjavi z mišičnim tkivom mnogo počasneje, saj sta izgradnja in obnova obeh tipičnih beljakovin (kolagena in elastina) počasnejši kot pri mišičnem tkivu. Močnejše mišice vlečejo kosti z večjo silo, kar povzroči tudi povečanje kostne mase na kitno-kostnem spoju (Baechle in Earle, 2000, str. 69).

HRUSTANEC: Ker hrustančno tkivo ni prekrvavljeno, prehajajo vanj hranilne snovi in kisik iz sklepne tekočine s pomočjo difuzije. Gibanje povzroča spremembe pritiska v sklepu in olajša prehajanje sklepne tekočine v hrustančno tkivo. To je eden glavnih razlogov, da se hrustanec po poškodbi zelo počasi obnavlja. Imobilizacija sklepa onemogoči normalno difuzijo in lahko povzroči odmiranje hrustančnega tkiva, prehitra mobilizacija nezaceljenega tkiva pa lahko ponovi poškodbo. Trening moči ima pozitiven vpliv na debelitev sklepnega hrustanca. Pri tem je za razvoj hrustančnega tkiva pomembno izvajanje cele amplitude giba (Baechle in Earle, 2000, str. 70).

KOSTNO TKIVO: Hipertrofijo kostnega tkiva spodbuja enaka vadba kot tista, ki povzroči hipertrofijo mišičnega tkiva. Za povečanje kostne mase je potrebno izvajati večsklepnih vaj za moč, pri katerih sila teže potuje skozi hrbtenico in kolke. Najmanjši stimulus, ki vzpodbudi izgradnjo kosti pa je približno 1/10 sile, ki povzroči, da se kost zlomi. Stimulus mora biti dovolj pogost in pri športnikih močnejši kot pri nešportnikih. Če je kost redno izpostavljena velikim silam, se prilagodi z odebelitvijo. Vsaj 8–12 tednov mehanskega stresa je potrebno, da se začne kolagen nalagati na kosti. Nadaljnjih nekaj tednov ali mesecev pa je potrebnih, da nov del kosti mineralizira in iz njega nastane kostna matrica. Posledično se sila porazdeli na večjo površino in prepreči poškodbe zaradi prevelikih bremen. Iz tega sledi, da se kostno tkivo na vadbo moči prilagaja bistveno počasneje kot mišično tkivo. Razgradnja kosti med neaktivnostjo ali imobilizacijo poteka mnogo hitreje kot njena izgradnja (Baechle in Earle, 2000, str. 60).

3.6.2.3 Mišice

3.6.2.3.1 Rast mišic

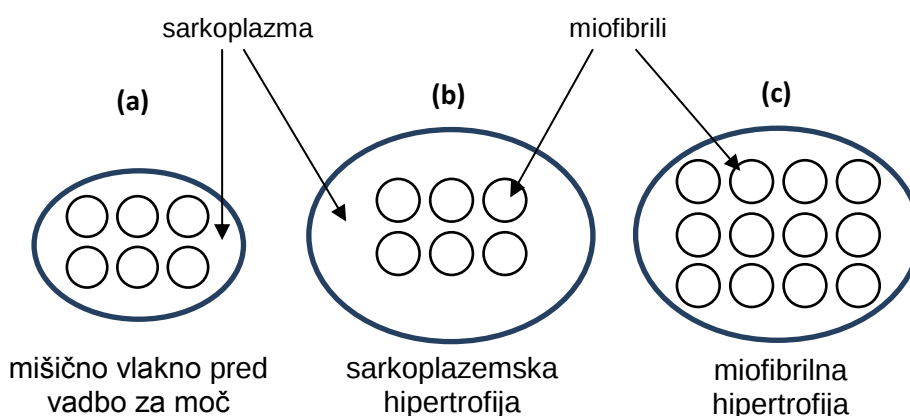
Pomembna prilagoditev, ki spremlja trening moči, je povečanje puste telesne teže ter prečnega preseka mišice, ki ga imenujemo hipertrofija. Povezanost med močjo mišic in njihovo velikostjo je velika. Mišice povečajo svojo velikost in moč, ko so prisiljene v

krčenje blizu njihove največje napetosti. Da se na trening prilagodijo in hipertrofirajo, morajo biti preobremenjene. Do kopičenja mišičnih beljakovin v celici pride, ko je njihova sinteza večja kot njihova razgradnja. Med vadbo moči povzročimo razgradnjo mišičnih beljakovin in zagotovimo pogoje za pospešeno sintezo kontraktilnih beljakovin med počitkom. Mišična hipertrofija je torej posledica superkompenzacije količine mišičnih beljakovin (Brooks idr., 2004, str. 438; Zatsiorsky in Kraemer, 2006, str. 63).

Velikost sinteze je močno povezana s količino aminokislin, ki vstopajo v mišične celice. Na transport aminokislin direktno vpliva intenzivnost in trajanje mišične napetosti. To je bilo ugotovljeno na izolirani mišici, potopljeni v raztopino z A.K. Prehod A.K. v celico je bil najintenzivnejši, ko se je mišica krčila. S povečevanjem napetosti in trajanja krčenja se je povečeval tudi prehod A.K. v celico (Brooks idr., 2004, str. 463).

HIPERTROFIJA ALI HIPERPLAZIJA

Pojavlja se vprašanje, ali je mišična hipertrofija posledica povečanja obstoječih mišičnih vlaken ali povečanja števila mišičnih vlaken (hiperplazija) ali kombinacija obeh povečanj. Gonyea je leta 1980 ugotovil, da pride do 5 % povečanja števila vlaken po treningu moči pri mačkah. Natančni mehanizmi povečanja pri ljudeh še niso povsem jasni. Dejstvo pa je, da hipertrofija pri povečanju preseka mišice igra pomembnejšo vlogo in naj bi k povečanju prispevala 95 %, hiperplazija pa 5 % (Brooks idr., 2004, str. 438). Povečanje mišičnih vlaken je posledica remodeliranja beljakovin v celici in povečanja velikosti in števila miofibril. Zaporedje sinteze beljakovin zajema: 1. udor vode v celico, 2. sintezo strukturnih beljakovin, 3. sintezo kontraktilnih beljakovin (Baechle in Earle, 2000, str. 149).



Slika7: Miofibrilna in sarkoplazemska hipertrofija (Zatsiorsky in Kraemer, 2006, str. 50).

Slika 7: (a) Prikazuje mišično vlakno pred začetkom trenažnega procesa.

(b) Prikazuje spremembo mišičnega vlakna, ki je posledica manj intenzivne oblike treninga moči z velikimi količinami. Vlakno se poveča na račun povečanja količine sarkoplazm.

(c) Prikazuje spremembo mišičnega vlakna, ki je posledica intenzivnega treninga moči s premagovanjem velikih bremen z majhnimi količinami. Vlakno se poveča na račun povečanja krčljivih beljakovin.

MIOFIBRILNA HIPERTROFIJA

Povzroči jo povečanje količine strukturnih in krčljivih beljakovin v obstoječih celicah. Nove miofibrile nastajajo na zunanji strani že obstoječih miofibril v mišičnem vlaknu. Ta vrsta hipertrofije je značilna za visoko intenziven trening moči, kjer se uporablja velika bremena in majhno število ponovitev v seriji. Na tak način športnik pridobi manj telesne teže in večje povečanje produkcije sile/cm² mišice v primerjavi s sarkoplazemsko hipertrofijo (Rippetoe in Kilgore, 2007, str. 87). Gostota mitohondrijev v celici se po obdobju treninga moči z velikimi bremenami zniža. To je posledica povečanega volumna mišične celice in ne zmanjšanega števila mitohondrijev. Debelitev mišičnih vlaken vpliva tudi na prehajanje plinov iz kapilar do vseh delov vlakna. Z debeljenjem vlakna se podaljša čas prehoda kisika do mitohondrijev, ki ležijo po celem vlaknu. Vzrok za to je tudi manjša gostota kapilarne mreže v mišicah (Brooks idr., 2004, str. 438; Baechle in Earle, 2000, str. 150; Ušaj, 2003, str. 154). Posledično pride do pomanjkanja glukoze in kisika ter večje nasičenosti s CO₂ v mišici (Brooks idr., 2004, str. 368). Takšne prilagoditve omejujejo mišično sposobnost za vzdržljivostno vadbo.

SARKOPLAZEMSKA HIPERTROFIJA

Povzroči jo predvsem večje kopičenje goriv v citoplazmi kot pri miofibrilni hipertrofiji. Nižja bremena velike količine in trening do popolnega izčrpanja mišice sicer povzroči povečanje količine krčljivih beljakovin, a v manjši meri kot pri miofibrilni hipertrofiji.

Tak način treninga je značilen za bodybuilderje, ki na treningih v večjih serijah in z večjim številom ponovitev v seriji opravijo več enosklepnih vaj glede na dvigalce uteži in druge športnike, katerih rezultat je tesno povezan z veliko močjo. Zato pride do povečanja zalog goriv v mišičnih celicah. Vsak dodaten gram glikogena veže nase 3 g vode. Celice poleg glukoze akumulirajo še nekaj več maščob in encimov, ki so aktivni pri razgradnji goriv. Verjetno pa pride tudi do povečanja mitohondrijev in večjega števila kapilar. Vse skupaj povzroči povečanje celičnega volumna. Pri bodybuilderjih se najbolj povečajo l mišična vlakna. Ker taka vrsta hipertrofije ne doprinese mnogo k doseganju večjih sil, postane jasno, zakaj nekateri športniki z manjšim presekom mišic v največji moči prekašajo tiste z večjim presekom mišic. Cilj njihovega treninga je namreč izgradnja velikih mišic, pri razvijanju moči in

eksplozivnosti pa niso tako uspešni (Brooks idr., 2004, str. 464; Rippetoe in Kilgore, 2007, str. 87; Ušaj, 2003, str. 151).

HIPERPLAZIJA

Študije kažejo, da imajo športniki z zelo razvitimi mišicami (bodybuilderji in kajakaši) večje število mišičnih vlaken kot netrenirane osebe. Podobne ugotovitve so potrdile tudi druge raziskave. Možna razlaga je, da imajo nekateri športniki prirojenih več mišičnih vlaken ali pa, da za razvoj novih vlaken športnik potrebuje več let treninga moči (Brooks idr., 2004, str. 474).

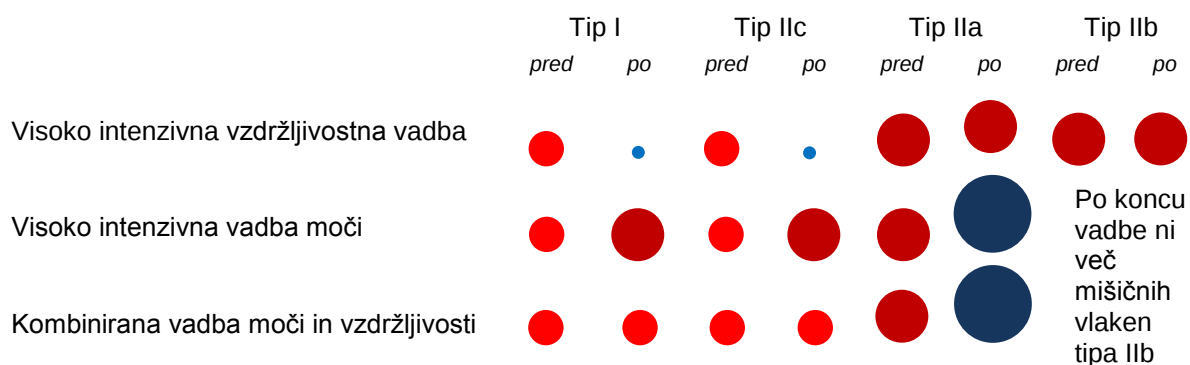
Pod nekaterimi pogoji ima mišica sposobnost izgradnje novega vlakna. Pri izgradnji novih mišičnih vlaken, kot kaže, sodelujejo t.i. satelitske celice. Omenjene celice se nahajajo med membranama mišičnega vlakna in so običajno neaktivne. V primeru mehanskega stresa ali poškodbe pa pomenijo osnovo za popravilo obstoječih in nastanek novih vlaken. Proces izgradnje novega vlakna se začne z vstopanjem satelitskih celic skozi plazemsko membrano v citosol, kjer se združijo in zgradijo novo mišično vlakno. Satelitske celice niso ves čas na enem mestu, ampak se premikajo po celici glede na njene potrebe. Nepogrešljive so predvsem pri obnovi mišice po poškodbah. Raziskave še niso natančno dokazale njihovega vpliva na izgradnjo novih vlaken kot posledico treninga moči, a vse kaže, da je tudi v tem primeru njihova vloga pomembna (Brooks idr., 2004, str. 366).

3.6.2.3.2 Spremembe tipa mišičnih vlaken

Fizični trening sicer močno vpliva na biokemične spremembe mišičnih celic, tip mišičnih vlaken pa je v veliki meri določen z genotipom in ga s treningom ne moremo bistveno spremeniti (Brooks idr., 2004, str. 436). Opazne so predvsem spremembe v podtipih vlaken (I**lb**↔I**la**↔I**lc** ...), spremembe med tipi (I↔II) pa so manj verjetne (Baechle in Earle, 2000, str. 149). Iz tega sledi, da prirojen tip mišičnih vlaken igra pomembno vlogo pri določanju uspešnosti športnikov. Trening moči se sicer kaže v povečanem prečnem preseku I in II vlaken, a je več študij pokazalo, da se po treningu moči hitra mišična vlakna povečajo v večji meri kot počasna mišična vlakna (Baechle in Earle, 2000, str. 20). Genski potencial za hipertrofijo je zato v močni korelaciji z deležem hitrih vlaken v športnikovih mišicah (Baechle in Earle, 2000, str. 20; Brooks idr., 2004, str. 466). V primerjavi s počasnimi I vlakni so hitra II mišična vlakna še posebno pri visokih hitrostih mišičnega krčenja sposobna razviti tudi višjo silo (Baechle in Earle, 2000, str. 8).

Mišična hipertrofija gre z roko v roki s spremembo mišičnih vlaken. Pri opazovanju ljudi in glodavcev pride do enakih sprememb. S treningom in aktivacijo motoričnih enot z visokim vzdražnostnim pragom pride do tranzicije od I**lb** proti I**la** hitrim vlaknom. (Baechle in Earle, 2000, str. 149). Raziskave so pokazale, da trening moči

z velikimi bremenami povzroči že po dveh treningih spremembe tipa hitrih mišičnih vlaken (Brooks idr., 2004, str. 463). Kronični trenajni stres s premagovanjem velikih bremen povzroči spreminjanje fenotipa krčljivih beljakovin proti bolj varčnemu sistemu spajanja prečnih mostičkov. Ta sprememba povzroči nižjo največjo hitrost krčenja mišice s tem, da upočasni nastajanje prečnih mostičkov, in daljše ohranjanje sile krčenja. Obenem je mišica sposobna premagovati višje sile pri katerikoli hitrosti (Brooks idr., 2004, str. 464).



Slika 8: Odziv mišičnih vlaken na različne vrste vadbe (Baechle in Earle, 2000, str. 159).

Slika 8 prikazuje spremembe mišičnih vlaken kot posledico različnih vrst visoko intenzivne vadbe.

3.6.2.3.3 Penacijski kot

Vpliv oblike mišic na produkcijo sile in hitrosti krčenja je pomemben in obenem neodvisen od biokemičnih in fizioloških dejavnikov (Baechle in Earle, 2000, str. 10). Velikost penacijskega kota nam pove, kako so mišična vlakna orientirana glede na skupno vzdolžno os mišice. Obenem določa penacijski kot smer sile pri krčenju mišice (Brooks idr., 2004, str. 383). V osnovi se s povečanjem števila sarkomer, ki ležijo zaporedno v vlaknu, poveča hitrost krajšanja mišičnega krčenja. Število sarkomer, ki ležijo v vlaknu vzporedno, pa določa največjo produkcijo sile.

Mišice so po večini sestavljene tako, da imajo določen večji ali manjši penacijski kot, ki se med mišicami močno razlikuje in je odvisen tudi od funkcije, ki jo ima mišica v telesu. Quadriceps femoris je močna mišica in ima večji penacijski kot kot biceps femoris, ki velja za »hitro in občutljivo« mišico (Brooks idr., 2004, str. 383).

Vsaka sarkomera ima sposobnost proizvesti določeno velikost sile krčenja. Ta sila je približno 22–28 N/cm². Več sarkomer kot leži vzporedno, večja je vsota sile, ki jo lahko razvije mišica. Dokler je penacijski kot nižji od 30°, je izguba sile zaradi

penacijskega kota več kot kompenzirana zaradi večjega števila sarkomer. Športniki z vadbo moči pridobivajo mišice, kar se odraža v večjem prečnem preseku mišic, obenem pa se večja tudi njihov penacijski kot (Brooks idr., 2004, str. 439, 473).

3.6.2.3.4 Biokemične spremembe

Kot posledica vadbe moči pride v treniranih mišicah do super kompenzacije količine kreatinfosfata in ATP-ja. Večja količina obeh goriv pomeni tudi večjo kapaciteto anaerobnih alaktatnih energijskih procesov, podlago za večjo moč in višjo hitrost krčenja pri silovitih gibih.

Verjetno pride do povečanja aktivnosti nekaterih encimov v anaerobnih alaktatnih energijskih procesih (ATP-aza, kreatinfosfataza in miokinaza). Posledice teh sprememb so dvojne. Neposredno pride do povečanja hitrosti mišičnega krčenja in povečanja hitrosti obnove ATP-ja, kar lahko posredno učinkuje na hitrost krčenja mišic.

V primeru treniranja vzdržljivosti v moči je možno povečanje aktivnosti encimov, ki sodelujejo pri aerobnih energijskih procesih. Pri vadbi največje moči pa pride do obratnega procesa, torej do zmanjšanja količine in aktivnosti teh encimov (Ušaj, 2003, str. 155).

3.7 Pomen in mehanizmi delovanja endokrinega sistema v povezavi z razvojem moči

Princip »sindroma splošne adaptacije« je osnoval kanadski biolog in endokrinolog Hans Selye. Brez misli na športnika in njegove športne dosežke je Selye opisal proces, v katerem se organizem odzove na vplive iz okolja (stres), ki vodijo k spremembam na celičnem nivoju. Odziv na stres je razdelil na 3 faze:

- **faza začetne alarmne reakcije**, ki jo izzove vadbeni stres. V treningu moči lahko alarmno reakcijo izzovejo mnoge spremenljivke (nova vaja in obremenitev netreniranih mišičnih skupin, sprememba velikosti bremena, sprememba števila ponovitev in serij, sprememba trajanja odmora ...). Močnejšo alarmno reakcijo športnik opazi ob začetku pripravljalnega obdobja. Še toliko bolj, če skozi tekmovalno obdobje ni vzdrževal moči. Alarmni reakciji sledi oslabitev funkcionalnih sposobnosti organizma kot posledica zunanjega dražljaja, kar športnik občuti kot večjo utrujenost, boleče mišice ... Če intenzivnost dražljaja organizma ne ubije, alarmni reakciji sledi druga faza;
- **faza prilagoditve** funkcionalnih sistemov na stres in njihovo izboljšanje za določeno obdobje. V tem času se športnikovo telo bori proti zunanjim dražljajem, posledica pa je napredek v želeni smeri. Če se relativno močan dražljaj ne prekine, pride do hitrega padca funkcionalnih sposobnosti. Brez ponovnega dražljaja v obliki športne aktivnosti, doseže izboljšanje funkcionalnih sposobnosti svoj plato;
- **faza izčrpanosti** kot posledica dveh dejavnikov je v trenažnem procesu nezaželena zaradi:
 - prevelikega trenažnega stresa, ki povzroča alarmne reakcije brez zadostnega počitka;
 - nezadostnega trenažnega stresa, ki povzroči odsotnost alarmne faze in ne izzove prilagoditve funkcionalnih sistemov športnika.

Ključ do nadaljnjih prilagoditev organizma na dražljaj je torej pravočasna prekinitev dražljaja, čemur v obdobju počitka sledi adaptacija in super kompenzacija funkcionalnih sposobnosti organizma (Baechle in Earle, 2000, str. 92; Harvey, 2010, str. 138).

Koncept »sindroma splošne adaptacije« je kasneje predstavljal osnovo za načrtovanje treninga moči ter periodizacije v športu nasploh (Baechle in Earle, 2000, str. 514). Visoko intenzivna in pravilno odmerjena vadba predstavlja močan stres, ki povzroči neravnovesje v športnikovem telesu ter njegovo spreminjanje. Med vadbo za moč se koncentracija hormonov v krvi in drugih telesnih tekočinah lahko poveča kar za 10 do 20-krat v primerjavi z njihovo koncentracijo v mirovanju.

Hormoni so kemične substance, ki jih proizvajajo, skladiščijo in izločajo endokrine žleze. Izločanje hormonov ne poteka neprestano, temveč le kot odgovor na ustrezne signale. Med signali, ki neposredno vplivajo na endokrine žleze, ločimo tri glavne tipe: 1. koncentracijo kakšnega iona ali presnovka v ekstracelularni tekočini; 2. živčni dražljaj; 3. hormonalni dražljaj. Dražljaju oz. stimulaciji žleze sledi izločanje hormona v kri in njegov transport do specifičnih receptorjev. Poznamo tri glavne skupine hormonov: steroidne, peptidne in aminske. Steroidne hormone in ščitnični hormon prenašajo po krvi plazemske beljakovine, aktivni pa postanejo šele takrat, ko se od njih oddvojijo. Tako je zagotovljen njihov prenos do vseh ciljnih tkiv, medtem ko je količina prostega hormona v krvi omejena. S tem je zmanjšan učinek na ciljne celice, ki so občutljive le na prosti hormon. Plazemske beljakovine igrajo vlogo neke vrste shrambe hormonov in pomagajo pri ohranjanju njihove koncentracije v krvi. Vodotopni hormoni (peptidni, adrenalin in noradrenalin) se zlahka prenašajo po krvi in učinkujejo na ciljna tkiva (Anselme idr., 1999, str. 66; Lasan, 2005, str. 149).

Hormoni prenašajo informacije v celice na dva načina.

- Hormoni, topni v vodi, prenesejo informacijo prek vmesnega prenašalca, ki je ali ciklični adenzin monofosfat (cAMP) ali pa povečanje koncentracije kalijevih ionov v citosolu.
- Hormoni, topni v maščobah, pa aktivirajo gene. Kompleks hormon – receptor prehaja v jedro in reagira z DNK, kar povzroči prepis določenih genov. Vsak gen nosi zapis za sintezo ene beljakovine (strukturne beljakovine, encima, membranske beljakovine) (Lasan, 2005, str. 143).

Večina hormonov različno vpliva na posamezne sisteme organizma (vzdrževanje homeostaze, spodbujanje metabolizma, rast in razvoj organizma). Nekateri hormoni delujejo povsem neodvisno, drugi pa imajo močan medsebojni vpliv in so le del hormonalnega odziva večih hormonov, ki igrajo vsak svojo vlogo v določenem funkcionalnem mehanizmu. Organizem jih uporablja, da se zoperstavi in prilagodi stresu. Vsak hormon ima svojevrsten vpliv na specifična ciljna tkiva.

Hormoni delujejo na organizem in njegove fiziološke funkcije na tri načine (Lasan 2005, str. 149):

1. Spremenijo hitrost in količino sinteze določene substance (izboljšanje sinteze krčljivih beljakovin ali povečanje št. encimov).
2. Spremenijo propustnost celičnih membran. Membrane so ovire, ki omogočajo določenim molekulam prehod v celico, medtem ko drugim molekulam prehod v celico onemogočijo. Spremembe v propustnosti membran, povzročenih s hormoni, vplivajo na več načinov na funkcijo celic, saj so substance, ki se nahajajo zunaj celic, lahko nujno potrebne za prilagoditev in spremembo znotraj celice.
3. Spremenijo aktivnost encimov.

Vsaka telesna celica vsebuje receptor, ki prevaja sporočilo oz. signale, ki jih sporočajo hormoni. Osnovni princip delovanja je, da določen hormon deluje le na določene receptorje in posledično celice (teorija ključa in ključavnice – Baechle in Earle, 2000, str. 96.). Ko hormon doseže ciljno celico, ta takoj prevede sporočilo hormona in prične z inhibicijo ali promocijo funkcionalnih procesov celice. Ko adaptacija v celici ni več mogoča, postanejo receptorji neodzivni na ponovno stimulacijo hormona. Receptorji lahko povečajo ali zmanjšajo svojo občutljivost na hormone. Spremeni pa se lahko tudi število razpoložljivih receptorjev. Od spremembe sposobnosti spajanja receptorjev s hormoni in vrste receptorjev je odvisno, ali (in do kako velikih sprememb) bo v celičnem metabolizmu prišlo. (Baechle in Earle, 2000, str. 97.)

Hormoni lahko opravijo svojo anabolno nalogo le, če so receptorji odprti in samo takrat, ko je še kaj prostora za napredek organizma, kar je odvisno od genskega potenciala organizma. Tako mišica, ki je na enak način trenirana že dolgo obdobje, ni več občutljiva na hormonalne signale, katerih naloga je promocija izgradnje krčljivih beljakovin. Sama koncentracija hormonov v krvi namreč ne kaže statusa receptorjev oz. vpliva hormonov na celico. Splošno pa se domneva, da veliko povečanje koncentracije hormonov omogoča večjo verjetnost interakcije hormona z receptorji. Anabolni hormoni, ki promovirajo izgradnjo tkiv (insulin, IRF-I, testosteron, rastni hormon ...), spodbujajo izgradnjo krčljivih beljakovin in njihovo umestitev v sarkomere. Anabolni hormoni so pomembni tudi pri nevtralizaciji negativnega vpliva razgradnje beljakovin, ki jo promovirajo katabolni hormoni (kortizol, progesteron). Njihova naloga je razgradnja beljakovin in predvsem promocija izgradnje glukoze (Baechle in Earle, 2000.)

3.7.1 Vadba moči kot promotor hormonalnega odziva

Trening moči je edini naravni signal, ki povzroči povečanje puste telesne teže. Med različnimi trenažnimi protokoli obstajajo velike razlike v zmožnosti vpliva na hormonalni odziv ter posledično na kvalitativne in kvantitativne spremembe mišičnega in vezivnega tkiva. Vse prilagoditve organizma so povezane s spremembami količine izločenih hormonov kot posledico športne aktivnosti (Baechle in Earle, 2000, str. 92).

Zato je za vse, ki se ukvarjajo s treningom moči in kondicijsko pripravo nasploh, pomembno, da posedujejo osnovno védenje o endokrinem odzivu kot posledici športne aktivnosti. S tem izboljšajo svoj vpogled na to, kako določena vadba vpliva na endokrini sistem in optimizirajo prilagoditve organizma na trening. Natančen program treningov in smiselna ciklizacija (število treningov, trajanje vadbe, premagane količine, intenzivnost vadbe, zadostna količina in vrsta počitka ...)

vplivata na intenzivnejšo produkcijo in izločanje hormonov v organizmu. Dobro izbran program v sozvočju s pravilno izbiro prehrane ter zadostnim počitkom zagotavlja spremembe v želeni smeri.

Hormonalni mehanizmi, ki so v interakciji s skeletnimi mišicami, so le del sistema, ki vpliva na spremembe v metabolnih in celičnih procesih, ki jih povzroči trening moči. Med omenjene mehanizme sodijo poškodba mišičnega vlakna, vnetni odziv, interakcija s hormoni ter nazadnje sinteza in vgraditev novih beljakovin v obstoječe ali nove sarkomere. Najpomembnejša mišična prilagoditev na trening je povečanje količine krčljivih beljakovin v mišici (miozin, aktin) ter sprememba molekularne strukture krčljivih beljakovin, ki se iz hitrih IIb spreminja proti počasnejšim IIa vlaknom. Pride tudi do sinteze nekrčljivih (strukturnih) beljakovin, ki dajejo aktinu in miozinu strukturo in orientacijo v sarkomeri. Prav to je prva sprememba, ki se zgodi pri anabolnih procesih mišičnega tkiva (Baechle in Earle, 2000, str. 95).

Stimulacija sinteze beljakovin se prične na nivoju genov. S časom omogoča tako kvalitativno, kakor tudi kvantitativno spremembo mišičnega tkiva. Povečana sinteza in zmanjšanje razgradnje krčljivih beljakovin je najpomembnejši korak pri rasti mišičnega tkiva. Rast pa je odvisna tudi od tipa obstoječih mišičnih vlaken. Počasna I vlakna so bolj odvisna od manjše degradacije, hitra II vlakna pa bolj od velikega povečanja sinteze beljakovin, ki povzroči hipertrofijo. Ta razlika močno vpliva na vlogo hormonov pri regulaciji metabolizma beljakovin v I in II vlaknih (Baechle in Earle, 2000, str. 95).

Različni športniki imajo različni genski potencial. Pri enaki vadbi za moč dosegajo športniki zelo različen prirastek mišične mase in moči. Pravimo, da se nekaterih mišice »primejo«. Genski potencial ima pri doseganju rezultatov pomembno vlogo, a najpomembnejši dejavnik slabših rezultatov je nezadostna anabolna stimulacija. Genov se, za razliko od anabolnega odziva, ne da spreminjati (Colgan, 1993, str. 321).

Hormoni se zaradi fiziološkega stresa, ki ga povzroči trening moči, pospešeno izločajo med in po mišični aktivnosti. Intenzivno izločanje hormonov zagotavlja ogromno količino informacij za organizem. Določen vadbeni stres povzroči natančno določen hormonalni odziv organizma; posledica je prilagoditev funkcionalnih sposobnosti organizma na določeno vrsto telesne aktivnosti. Za trening moči je značilen svojevrsten hormonalen odziv. Med tovrstno vadbo se izvajajo velike sile, ki zahtevajo rekrutacijo hitrih motoričnih enot, ki jih druge vrste treninga ne vzdražijo. Med vrsto različnih odzivov na mišični stres le vadba moči povzroči povečano prevodnost sarkoleme za hranila ter vpliva na občutljivost in zmožnost sinteze receptorjev za hormone v membrani mišične celice (Baechle in Earle, 2000, str. 99).

Študije so pokazale, da sta količina in intenzivnost ter vrsta in način vadbe bistvena za velikost hormonalnega odziva in vzorce sprememb. Pri določenem vadbenem protokolu niso vse motorične enote enako stimulirane. Če specifičen vadbeni program uporablja ves čas enake vaje, se bodo na vadbeni stres prilagodile le mišice, povezane z izvajanimi gibi. Primerna vadba in pravi signal povzroči anabolni odziv organizma, torej večje sinteze in manjše degradacije krčljivih beljakovin. Obratno se pri preveliki vadbeni količini in intenzivnosti, ko je obremenitev previsoka, začnejo odvijati katabolne akcije kot posledica nezmožnosti anabolnih hormonov, da se povežejo z receptorji v mišičnem tkivu. Potencial remodeliranja mišice je večji, če je večje število mišičnih vlaken, vključenih v vadbo. Med počitkom, ko so mehanizmi remodeliranja mišičnih vlaken najaktivnejši, sledijo prilagoditve le v tistih mišičnih vlaknih, ki so bila med aktivnostjo aktivirana (Baechle in Earle, 2000, str. 100).

3.7.1.1 Odziv testosterona na vadbo za moč

Testosteron je zaradi pozitivnega vpliva na sintezo beljakovin in rast mišic že vrsto let središče znanstvenih raziskav. Povezan je še z razvojem kosti, produkcijo eritrocitov in uravnavanjem mineralnega ravnovesja organizma (Rippetoe in Kilgore, 2007, str. 95). Čeprav testosteron vpliva enako na funkcionalne spremembe obeh spolov, je razlika predvsem pri velikosti odziva na vadbo in posledično njegovega vpliva (Baechle in Earle, 2000, str. 102-103). Testosteron, ki se nahaja v krvnem obtoku, se uporablja kot fiziološki marker, ki pomaga določiti anabolni status organizma. Ima direkten in posreden vpliv na mišično tkivo. Posredno vpliva na izločanje rastnega hormona (R.H.) iz hipofize, direktno pa promovira sintezo beljakovin v mišicah. Testosteron kot promotor razvoja moči je povezan predvsem s svojim vplivom na živčni sistem. Testosteron reagira z receptorji na nevronih, poveča število nevrottransmitorjev in število sinaps. To pomeni, da s pomočjo večje aktivacije mišice posredno povečuje potencial produkcije sile mišice (Baechle in Earle, 2000, str. 102).

Mnoge raziskave so dokazale, da kratkotrajna visokointenzivna vadba moči minimalno dvigne raven testosterona. Dr. Kraemer in sodelavci so 1990 jasno dokazali, da povzročijo kompleksne vaje moči, ki vključujejo mišice celega telesa, večji hormonalni odziv kot uporaba enosklepnih vaj, ki aktivirajo majhen delež skeletnih mišic (Rippetoe in Kilgore, 2007, str. 95).

V raziskavi moških, mlajših od 18 let (Baechle in Earle, 2000, str. 104), je bilo ugotovljenih mnogo faktorjev, ki vplivajo na velikost spremembe koncentracije testosterona v krvi kot posledice vadbe moči. Posamezno ali v povezavi z drugimi lahko raven testosterona povečajo naslednji dejavniki:

- vadba, ki pri izvedbi giba vključuje velike mišične skupine;
- visoka intenzivnost vadbe (85–95 % RM);

- srednje do visoke količine, veliko serij in vaj;
- kratki odmori med serijami (1min);
- 2 in več let izkušenj z vadbo moči;
- več vadbenih enot dnevno.

Pri moških je raven testosterona najvišja zjutraj in postopno pada preko dne (Baechle in Earle, 2000). Raven testosterona najlažje povečamo zjutraj. Bolj smiselno pa je to vrsto vadbe izvajati popoldan, saj s tem zagotovimo višji nivo testosterona v krvi preko celega dne.

Ženske imajo mnogo nižji nivo testosterona, njegova koncentracija v krvi pa se preko dne ne spreminja. Nekatere raziskave kažejo, da se pri ženskah takoj po vadbi moči njegova raven nekoliko poveča (Baechle in Earle, 2000, str. 104).

Raven testosterona se lahko močno zniža po daljšem obdobju visoko intenzivne vadbe z velikimi količinami. Začetno znižanje je pomembna posledica trenažnega procesa. Čeprav vemo, da imajo višje koncentracije testosterona v krvi pozitiven vpliv, je posledica močnega, z vadbo povzročenega, stresa znižanje njegove sinteze in koncentracije v telesu športnika. Rezultati raziskav kažejo, da kratek čas trajajoče znižanje ravni testosterona za manj kot 10 % pomeni premajhen stres za adaptacijo organizma. Kronično znižanje ravni za več kot 30 % pa je povezano s pretreniranostjo. Torej je cilj vadbe, da znižamo kronično raven testosterona za 10 do 30 %, zatem pa športniku zagotovimo dobro regeneracijo in počitek, med katerim se nivo testosterona vrne na začetno raven ali celo nad njo. Spremembe v nivoju testosterona po vadbi so močno odvisne od njene intenzivnosti in trajanja. Vračanje koncentracije na normalno raven in njihova super kompenzacija je povezana s športnimi rezultati športnikov. Raven testosterona v mirovanju se spremeni šele po dolgotrajnem treningu. Razumevanje odziva testosterona na posamezni vadbeni stres ali celo obdobje vadbe za moč pa pomeni osnovo pri pripravi kvalitetnega programa treningov moči (Rippetoe in Kilgore, 2007, str. 97).

3.7.1.2 Odziv rastnega hormona na vadbo za moč

R.H. je najmočnejša anabolna substanca. Zdravi odrasli pri starosti od 20 do 40 let proizvedejo dnevno 0.4 –1.0 mg R.H., trenirani športniki pa še več, medtem ko ga 5–10 mg hranimo v hipofizi (Baechle in Earle, 2000, str. 105-108). Izločanje R.H. se spreminja preko celega dne. Najvišje vrednosti doseže ponoči med spanjem. Pri ljudeh pride do največjega izliva 30–60 min po začetku spanja ter med naporno vadbo (Colgan, 1993, str. 368). To vedenje lahko športniki obrnejo sebi v prid in povečajo pogostost spanja in treningov. R.H. se izloča v »izbruhih«, ki imajo tekom dneva različne amplitude in število. Kot kaže, poveča vadba moči tako število, kakor tudi jakost izbruhov (Colgan, 1993, str. 321).

Anabolni efekt R.H. je lahko neposreden ali posreden preko IRF-I, ki nastaja v jetrih in maščobnih celicah. Njegove osnovne naloge so: zmanjšanje porabe glukoze, upočasnitev sinteze glikogena, izboljšanje transporta aminokislin preko celične membrane v celice, izboljšanje sinteze beljakovin, spodbujanje mobilizacije maščobnih kislin, povečanje lipolize, izboljšanje sinteze kolagena, stimuliranje rasti hrustančnega tkiva, pozitiven vpliv na imunski sistem. Njegova nizka raven v krvi pomeni absolutni omejitveni dejavnik za rast in razvoj (Baechle in Earle, 2000, str. 108).

Odziv R.H. na vadbo je močno povezan z intenzivnostjo in trajanjem športne aktivnosti. Povečanje koncentracije je odvisno od protokola vadbe moči (trajanje vadbe, število serij in ponovitev, trajanja odmora med serijami in vrste izvajanih vaj). (Baechle in Earle, 2000, str. 108). Kraemer in ostali so ugotovili, da je povečanje ravni R.H. v krvi odvisno od količine vadbe, trajanja odmora med serijami (krajši odmori – višji odziv R.H.) in intenzivnosti (10 RM dvigne laktat in R.H.). Pri vadbi z utežmi po 3 serije, 10 RM in 1 min odmori, so opazili veliko povišanje koncentracije R.H. v krvi (Antonio in Stout, 2001, str. 169).

V drugi raziskavi je izvajanje počepov z bremenom 85 % RM povečalo raven R.H. v krvi, izvajanje enake vaje z 28 % RM pa za posledico ni imelo dviga koncentracije R.H.

Koncentracija R.H. se v prvih serijah izvajanja večsklepnih kompleksnih vaj moči poveča le znatno, po opravljenih 12 serijah pa je odziv velik (Rippetoe in Kilgore, 2007, str. 98). Po 40 min dolgi vadbi moči je koncentracija R.H. v krvi največja 30 min po končani aktivnosti, nato pa se vrne do normalne vrednosti v roku 1,5 ure. Vadba, pri kateri se izvaja enosklepne vaje, ki aktivirajo majhen del telesne mišične mase, ne povzroči podobnega odziva R.H. kot izvajanje večsklepnih vaj za moč.

Z vadbo povzročeni dvig R.H. je sicer večji pri netreniranih kot pri treniranih posameznikih. Pri treniranih športnikih pride do zmanjšanja odziva R.H. na absolutni vadbeni stres. Ker je visoko intenzivna vadba potencialni stimulus izločanja R.H., dodatno uživanje aminokislin pred vadbo ne poveča nujno odziva R.H. na trening (Baechle in Earle, 2000, str. 108).

3.7.1.3 Odziv kortizola na vadbo za moč

Kortizol ima enega glavnih vplivov na metabolno in strukturno izčrpanost po vadbi za moč. Njegova vloga je močno povezana s količino glikogena v mišicah. Ko je glikogena malo in primankuje glukoze, je naloga kortizola, da promovira razgradnjo drugih goriv in jih pretvori v OH. Kortizol poviša raven encimov, ki razgrajujejo beljakovine in inhibira sintezo beljakovin.

Ima močnejši vpliv na IIb kot na Ia vlakna, saj prva vsebujejo večjo količino krčljivih beljakovin. Manjši vpliv na Ia vlakna je povezan tudi z njihovo kontrolo degradacije beljakovin, ki je boljša kot pri IIb vlaknih. Ia vlakna se zanašajo na manjšo degradacijo, IIb vlakna pa na boljšo sintezo krčljivih beljakovin pri doseganju hipertrofije.

Je katabolni hormon, ki ima nasprotno vlogo od testosterona. Cilj športnika je ohranjanje nizke ravni kortizola in visoke ravni anabolnih hormonov v krvi. Nivo kortizola se akutno dvigne po fizični aktivnosti, kronično pa pri pretreniranju. Njegov nivo med počitkom je močno povišan po visoko intenzivnih, daljše obdobje trajajočih treningih, vendar se njegova koncentracija ob zadostnem počitku, prehrani in dobri regeneraciji vrne na normalno raven. Kronično povišanje ima lahko negativne posledice, akutno povišanje kot posledica vadbe moči pa je le kazalec strukturnih sprememb v mišičnem tkivu.

Raven kortizola v krvi se uporablja kot kazalec katabolnih procesov v telesu, razmerje testosteron/kortizol pa za določanje anabolno/katabolnega statusa telesa.

Enako kot R.H. se tudi raven kortizola poveča po treningu moči, predvsem pri kratkih odmorih in velikih količinah. Podobno kot pri testosteronu se telo pri izkušenih vrhunskih športnikih privadi na določeno raven kortizola. Povečanje ravni kortizola kot odziv na vadbeni stres, na katerega se je telo že adaptiralo, nima negativnih posledic. Na stres se telo odzove z večjo koncentracijo testosterona, ki preprečuje katabolne učinke kortizola. Zanimivo je, da trenažni protokol, ki povzroči največji katabolni odziv, povzroči tudi največje izločanje R.H.

Odziv kortizola na trenažni stres se spreminja s trenažnim stažem. Raven kortizola se po treningu vrhunškega športnika ne poveča za več kot 20 %. Pri začetnikih se lahko poveča za 100 %. Na tem primeru se kaže, kako je s prehajanjem proti vrhunskim rezultatom vedno težje spodbuditi adaptacijske procese, saj je hormonalni odziv odvisen od relativne in ne absolutne obremenitve. Dober trenažni program torej prekine homeostazo in poveča koncentracijo kortizola, kar spodbudi adaptacijske procese. Po vadbi je potrebno zagotoviti zadosten in pravočasen počitek, med katerim se raven kortizola zniža, telo pa ponovno doseže homeostazo (Baechle in Earle, 2000, str. 112).

3.7.1.4 Prilagoditve hormonalnega sistema na vadbo za moč

Poleg prilagoditev mišic in vezivnega tkiva se mnoge prilagoditve zgodijo tudi na endokrinem sistemu. Te spremembe so povezane s spremembami ciljnih tkiv in s prilagoditvijo na s fizično aktivnostjo povzročeni stres. Potencial za prilagoditev

endokrinega sistema je zelo velik zaradi mnogih mehanizmov, ki ga določajo. Prilagodijo se lahko naslednji mehanizmi:

- količina sinteze in hrambe hormona;
- izboljšanje transporta hormonov po krvi s pomočjo plazemskih beljakovin;
- čas, ki ga organizem potrebuje, da odstrani hormone iz krvi;
- količina krvi in hormona v njej, ki med vadbo preide skozi tkivo;
- število receptorjev v ciljnem tkivu;
- moč signala, ki ga hormon pošlje v jedro celice;
- moč interakcije hormona z jedrom celice, ki določa količino in vrsto spremembe krčljivih beljakovin.

Vsi opisani mehanizmi kontrole endokrinega sistema so aktivirani ob stresu, ki ga povzroči enkraten trening moči. Posledica so majhne prilagoditve organizma. V primeru dolgotrajnega načrtnega treninga moči in stresa, ki ga povzroča, pa pride do večje in trajnejše adaptacije mehanizmov kontrole endokrinega sistema. Splošno se med visoko intenzivno aktivnostjo koncentracija hormonov v krvi in drugih telesnih tekočinah dvigne za 10 do 20-krat glede na njihove vrednosti v mirovanju. Trenirani športniki imajo zavrt odziv na vadbo, ki ni maksimalno naporna. To pomeni, da je hormonalni odziv odvisen od relativne obremenitve športnika. Njihov hormonalni odziv je torej enak odzivu nešportnika pri relativno enaki intenzivnosti vadbe (Baechle in Earle, 2000, str. 102).

3.7.2 Prehrana kot promotor hormonalnega odziva

Manipulacija hormonalnega odziva ima potencial za izboljšanje športnikovih sposobnosti in hitrejšo regeneracijo po vadbi, izboljšanje telesne zgradbe ter vpliv na porabo goriv med športno aktivnostjo in počitkom. Manipulacija hormonalnega odziva s treningom in prehrano je zanimiva predvsem za športnike, ki se udeležujejo v športih, povezanih z močjo in eksplozivnostjo oz. tistih, katerih glavni cilj je povečanje mišične mase. Ta cilj imajo mnogi tako rekreativni, kakor tudi vrhunski športniki. Za uresničitev cilja so bistveni tudi dobri pogoji za regeneracijo po opravljenem treningu. Prav v času regeneracije oz. počitka se med treningom poškodovana mišična vlakna funkcionalno prilagodijo za ponovni vadbeni stres. Regeneracija je skupek mnogih fizioloških procesov, ki so odvisni od aktivnosti hormonov in prisotnosti hranil, ki regulirajo strukturne in funkcionalne spremembe krčljivih beljakovin skeletnih mišic. Prav manipulacija tega procesa za doseg anabolnega in ne katabolnega odziva organizma med regeneracijo je cilj prilagoditve na vadbeni stres.

Neodvisno od vadbe imajo nekatera živila sposobnost vpliva na izgradnjo in izločanje hormonov, ki delujejo pri anabolnih procesih pozitivno. Trening moči je, kot že opisano, dokazan signal za zvišanje koncentracije hormonov v krvi, manj pa je

dokazov o vplivu makro hranil na manipulacijo hormonalnega odziva. Predvsem velja to za visoko intenzivno vadbo in dobro trenirane športnike. Hormonalni odziv kot posledica uživanja določenih živil je sicer časovno omejen. Močno pa je odvisen tudi od diete, ki jo športnik uživa pred raziskavo o učinkih določenega živila na hormonalni odziv.

3.7.2.1 Živila, ki promovirajo izgradnjo in izločanje rastnega hormona

Študije so pokazale, da injiciranje R.H. pri starejših močno poveča mišično maso (+9 %), moč kosti in zmanjša količino telesne maščobe (-14.4 %). R.H. deluje podobno tudi pri dobro treniranih mladih atletih. Pri dodajanju sintetičnega R.H. atletom, ki so izvajali intenziven trening, so bila dosežena izboljšanja podobna kot pri starostnikih. Omenjene in podobne raziskave so imele za posledico zlorabo prepovedanih poživil (sintetičnega R.H.), namesto da bi športniki uporabili znanje ter s treningi in prehrano dvignili lasten R.H. Pravi odgovor je torej stimulacija produkcije in izločanja lastnega R.H. V hipofizi ga je shranjenega približno 10 mg, cilj športnika pa mora biti, da ga spravi v krvni obtok (Colgan, 1993, str. 321).

Uživanje različnih substanc, med njimi se največkrat omenja aminokisline, poveča koncentracijo R.H. v krvi (Antonio in Stout, 2001, str. 167-175). Zato športniki pogosto uživajo različne aminokisline in beljakovine v veri, da bo to pospešilo rast in razvoj mišic in posledično povečalo mišično moči. Kot že opisano, tudi sama vadba moči povzroči povečanje koncentracije R.H. Z uživanjem določenih aminokislin pred vadbo pa poskušamo poudariti z vadbo povzročeni hormonalni odziv (Antonio in Stout, 2001, str. 168).

Za odziv R.H. je potrebno stimulirati hipofizo na pravi način, saj ta kontrolira izločanje vseh hormonov preko vpliva na endokrine žleze. Ker je hipofiza dobro zaščitena, aminokisline ne morejo vplivati neposredno nanjo. Zato je potreben posreden vpliv. Na izločanje R.H. vpliva hormon somatokrinin – sprostivni hormon rastnega hormona. V možganih se nivo somatokrina poveča s povečanjem števila možganskih nevrottransmitorjev. To so kemični prenašalci, ki nosijo informacije od ene živčne celice do druge. Za povečanje števila nevrottransmitorjev so potrebne aminokisline, ki jim pomagajo pri prehodu preko tako imenovane HEMATOENCEFALNE BARIERE, ki povzroča selektivno difuzijo. To je skozi evolucijo prilagojen sistem, ki varuje možgane pred vdorom molekul iz krvnega obtoka. Da lahko pridejo aminokisline v možgane, jih morajo preko pregrade prenesti transportne molekule. Zato je pomembno, da ne uživamo več vrst aminokislin v obliki dopolnil hkrati, ker se v nasprotnem primeru »borijo« za iste transportne molekule, njihov učinek na izločanje R.H. pa je zmanjšan (Colgan, 1993, str. 321).

Uporaba beljakovin ali specifičnih aminokislin za spodbujanje izločanja R.H. izvira iz uporabe arginina za test sposobnosti izločanja R.H. Intravenozno dodajanje 30 g arginina poveča koncentracijo R.H. tako, da zavre izločanje hormona somatostatina.

Med aminokislinami, ki naj bi spodbujale izgradnjo in izločanje R.H., se največkrat pojavljajo triptofan, glicin, arginin in levcin (Antonio in Stout, 2001, str. 167; Colgan, 1993, str. 321).

Triptofan: je predhodnik nevrottransmitterja (živčnega prenašalca) serotoninina, ki med počitkom in spanjem upočasnjuje možgansko aktivnost. Kmalu potem ko zaspimo, izloči hipofiza R.H., velikost izločanja pa naj bi bila povezana s količino serotoninina, izločenega iz možganskega debla. Da triptofan lahko pride v možgane, ga je potrebno uživati ločeno od ostalih aminokislin in beljakovin, saj v nasprotnem primeru z njim »tekmujejo« za transportne molekule na krvno-možganski pregradi. Če se ga uživa na tešče, je potencialni stimulus za izločanje R.H. Uživanje 5–10g ima za posledico visok dvig R.H. tudi tekom dneva. Uživanje preko dneva se sicer ne priporoča, razen če se ga zaužije eno uro pred planiranim počitkom, saj ima pomirjevalni učinek in posledično zmanjša sposobnosti. Uživanje zvečer ima dvojni učinek, saj pomaga zaspati in poveča izločanje R.H.

Triptofan se enako kot ostale aminokislino pridobiva s pomočjo bakterijske fermentacije. Postopek pridobivanja je zelo občutljiv, rezultat pa je lahko zdravju zelo škodljiv izdelek. Pred uporabo je zato potrebno izbrati varen in kvaliteten izdelek priznanega proizvajalca (Antonio in Stout, 2001, str. 167).

Glicin: (Colgan, 1993, str. 328) je kot ergogeno sredstvo znan od leta 1940, ko so dokazali da uživanje 6 g/dan v obdobju 10 tednov povzroči veliko povečanje moči tudi pri treniranih športnikih. Do nedavnega se je predvidevalo, da je to posledica glicina kot predhodnika kreatina. Danes pa je znano, da glicin verjetno poveča moč, ker pozitivno vpliva na izločanje R.H. Uživanje glicina in triptofana skupaj ni smiselno. Dnevno ga telo proizvede približno 20 g. V raziskavi je uživanje 6.75 g glicina/dan dvignilo raven R.H. za 4-krat. Uživanje 30 g glicina/dan pa je dvignilo raven R.H. za 10-krat. Uživanje glicina nima nikakršnih stranskih učinkov v kontroliranih študijah. Posledice dolgoročnega uživanja glicina pa niso znane.

Arginin in levcin: arginin je tako zanesljiv kot spodbujevalec R.H., da ga pri otrocih uporabljajo za testiranje normalnega delovanja hipofize (Colgan, 1993, str. 330). Enako kot pri otrocih deluje tudi pri odraslih. Dr. Colgan priporoča uživanje 200 mg arginin hidroklorida/kgTT/dan (Colgan, 1993, str. 332-334). Da dosežemo željen vpliv, ga je potrebno uživati 3 ure po uživanju druge beljakovinske hrane. Ker športniki zaužijejo dnevno vsaj 6 obrokov, je to praktično nemogoče. Zato se priporoča uživanje dodatka sredi noči, kar povzroči dodatno izločanje R.H. Dodatek

se uživa največ 12 tednov s 6- do 8-tedenskim odmorom med cikli in le v povezavi s treningom. V primeru prebavnih ali želodčnih težav in glavobola se uživanje prekine, težave pa izginejo.

Levcin je aminokislina, ki prav tako spodbudi izločanje R.H. Ker je levcin »nevtralna aminokislina«, njegovo uživanje pred spanjem skupaj z argininom, ki je »bazična« aminokislina, ne omejuje vstopa obeh preko krvno-možganske pregrade. To pomeni, da uporabljata drug transportni sistem, da prideta do možganov. Pred spanjem se priporoča uživanje dodatka, ki skupaj vsebuje 2–4 g levцина in arginina. Če želimo, da opravita svojo nalogo, moramo zagotoviti, da imajo možgani dovolj vitamina C. Le ta namreč pomaga pri aktivaciji hormona somatokrinina, ki neposredno spodbuja izločanje R.H (Colgan, 1993, str. 369).

Dejavniki, ki vplivajo na velikost odziva R.H. kot posledico uživanja aminokislin ali beljakovin:

- Trenažni status: odziv R.H. je nižji pri treniranih posameznikih. Uživanje 2.4 g arginina in 2.4 g lizina ni pokazalo statističnega povečanja koncentracije R.H. pri 22 let starih bodybuilderjih (Antonio in Stout, 2001, str. 168). Pri odraslih treniranih športnikih so potrebne večje količine dodanih aminokislin za enak odziv kot pri običajnih osebah.
- Spol: ženske kažejo večjo skupno povečanje koncentracije R.H. kot posledico uživanja arginina kot moški ter večjo stalnost pri odzivu.
- Dieta: odziv R.H. na uživanje aminokislin v obliki prehranskih dopolnil je odvisen od količine dnevno zaužitih beljakovin ali aminokislin v normalni prehrani športnika. Prehrana z visoko vsebnostjo beljakovin ima v primerjavi z normalno uravnoteženo prehrano mnogo višji nivo R.H. V raziskavi (Lambert) niso ugotovili nobenih statistično pomembnih razlik med posamezniki, ki so dodajali aminokislino, in tistimi, ki jih niso, pri čemer so vsi zaužili med 1.5–2.2 g/kg/TT beljakovin/dan. To kaže, da dodajanje aminokislinskih dodatkov pri treniranih osebah v treningu moči, ki uživajo visoko beljakovinske diete, ni smiselno (Antonio in Stout, 2001, str. 168-169).

Dieta s 70% OH močno zavre izločanje R.H. Prav tako visoka raven prostih maščobnih kislin negativno vpliva na raven R.H. Med postom se raven R.H. kot posledica vadbe poveča, vendar pa ima post za posledico močan padec v koncentraciji IRF-I. Zato navkljub visoki ravni R.H. ne pride do anaboličnih učinkov na organizem (Antonio in Stout, 2001, str. 37).

- Starost: velikost odziva na uživanje nekaterih aminokislin je pri mladih osebah poudarjeno. Uživanje arginina je pri 20–29 let starih osebah povečalo koncentracijo R.H. v krvi pri 50 % udeležencev v raziskavi. Uživanje arginina pri 14–19 let starih osebah pa je povzročilo dvig R.H. v krvi pri 100 % vseh vključenih v raziskavo. (Antonio in Stout, 2001, str. 169)

3.7.2.2 Živila, ki promovirajo izgradnjo in izločanje IRF-I

Preden je R.H. razgrajen, stimulira v jetrih izgradnjo IRF-I. Tako je R.H. le posrednik, IRF-I pa tisti faktor, ki potuje v mišične celice in povzroči rast. Nivo R.H. v krvi se poveča pri uživanju nizkokalorične hrane. A nizkokalorična dieta ne povzroči rasti in razvoja. Podhranjeni otroci imajo sicer visok nivo R.H. v krvi, obenem pa izredno nizek nivo IRF-I. Že 5-dnevnemu postu sledi padec koncentracije IRF-I za 65 %, kar pomeni, da je razvoj popolnoma nemogoč (Colgan, 1993, str. 382).

Vse raziskave dokazujejo, da je za športnike, ki si želijo pridobiti pusto telesno težo in razvijati svoje telo, ključna visoko kalorična dieta, ki zagotavlja pozitivno dušikovo ravnovesje. To pomeni, da diete povprečne populacije za športnike niso zadostne, saj zaradi negativnega dušikovega ravnovesja onemogočajo anabolne učinke. Visoko kalorična dieta pa še ni zagotovilo za pozitivno dušikovo ravnovesje. Raven IRF-I je pozitivno povezana predvsem s količino zaužitih beljakovin. Ta povezanost se pokaže pri raziskavi sedentarnih oseb, ki so se postile 5 dni, pri čemer jim je nivo IRF-I padel na 65 % običajne količine. Po končanem postu je prva skupina uživala 0.4 g beljakovin/kgTT in s to količino ni uspela povrniti koncentracije IGF-I na normalen nivo. Druga skupina, ki je uživala dieto z 1.0 g beljakovin/kg TT, pa je hitro povrnila koncentracijo IRF-I nazaj na normalen nivo. Vendar 1.0 g/kgTT beljakovin ne zadostuje za pozitivno dušikovo ravnovesje vrhunskih športnikov, ki želijo z vadbo za moč povečati pusto telesno težo.

Ob zadostni količini beljakovin je pomembna tudi njihova kakovost. Raziskave so pokazale (Colgan, 1993, str. 383), da povzročimo ob normalni dieti z dodajanjem esencialnih aminokislin 20% povečanje koncentracije IRF-I glede na enako dieto brez dodajanja esencialnih aminokislin. Zato je pomembno, da športnik uporablja najkvalitetnejše beljakovine živalskega izvora, torej take z najvišjo biološko vrednostjo, ki vsebujejo vse aminokisliline.

3.7.2.3 Živila, ki promovirajo izgradnjo in izločanje insulina

Za proizvodnjo IRF-I je poleg R.H. potreben tudi inzulin. To se jasno pokaže pri sladkornih bolnikih, ki navkljub injekcijam R.H. niso sposobni dvigniti ravni IRF-I in posledično zelo težko pridobivajo mišično maso (Colgan, 1993, str. 372). Nizka raven IRF-I je posledica nestabilne ravni insulina, ki ga pomaga proizvajati. Ob vplivu na IRF-I ima inzulin tudi direkten vpliv na vstop aminokislin v mišično celico in sintezo beljakovin v njej.

Pomembno je ohranjanje visoke in konstantne ravni insulina v krvi, kar je mogoče le z uživanjem hrane vsake 3 ure preko celega dne oz. vsaj šestih obrokov dnevno. Le trije obroki dnevno povzročijo visoko nihanje ravni insulina v krvi.

Za vzdrževanje visokega nivoja inzulina je pomembna tudi sestava obrokov. Med visoko intenzivno vadbo mišice hitro izgubljajo omejene količine glikogena. Po končanem treningu je tako raven glikogena v jetrih in mišicah ter glukoze v krvi znižana. Posledično je nižja tudi raven inzulina, ki pa je bistven pri anaboličnih procesih organizma. Iz tega razloga je torej uživanje OH napitkov med vadbo nujno. Za preprečitev padca inzulina v krvi je potrebno med vadbo uživati 7 % raztopino OH (Colgan, 1993, str. 374-375). Po končani vadbi je za največji odziv inzulina nesmiselno uživati samo aminokisline ali kompleksne OH. Primernejši je napitek, ki vsebuje mešanico glukoze, fruktoze, maltodekstrina in hidroliziranih beljakovin. Dodane beljakovine močnejše dvignejo inzulin, kot če uživamo le enostavne OH. Najboljše so hidrolizirane sirotkine ali jajčne beljakovine. Po treningu naj bi zaužili 25 % vseh v dnevu zaužitih beljakovin (50 g). Uživanje hidroliziranih beljakovin močno olajša prebavo, saj je prebava tako velike količine praktično nemogoča. Dr. Colgan (1993) priporoča, da napitek vsebuje še 200 g maltodekstrina, 15 g fruktoze in 10 g glukoze. Uživanje enostavnih OH ne pripelje do pridobivanja mastnega tkiva, saj takoj po vadbi telo ob prisotnosti encima glikogen sintaza nadomešča izgubljeni glikogen v mišicah in jetrih.

V raziskavi so imele osebe, ki so uživale belj./OH dodatek 30 min pred in med vadbo z utežmi, močno dvignjen nivo inzulina po vadbi (Antonio in Stout, 2001, str. 34).

V raziskavi (Kramer; Antonio in Stout, 2001, str. 34) uživanje 30 g beljakovin in 60 g OH 2 uri pred in takoj po vadbi močno poviša koncentracijo inzulina, R.H. in IRF-I, raven testosterona pa se zniža pod raven v mirovanju. Nižja raven testosterona se povezuje z odsotnostjo maščob v dodatku.

3.7.2.4 Živila, ki promovirajo izgradnjo in izločanje testosterona

Nobena tako imenovana steroidna alternativa v obliki prehranskih dodatkov ne more povečati produkcije testosterona. Kontrolni mehanizmi telesa so mnogo preveč občutljivi, da bi do tega lahko prišlo (Colgan, 1993, str. 386). Mineral boron predstavlja pomemben element pri izgradnji testosterona, vendar njegovo dodatno uživanje ne poveča produkcije hormona. Ob boronu sta pomembna tudi vitamin C in cink, vendar se kot promotorja izločanja testosterona pokažeta le pri osebah, ki imajo pomanjkanje cinka in vitamina C v telesu. Pri zdravih osebah do povečanega izločanja ne pride. Raven testosterona se povečuje vzporedno z ravno R.H, kar pomeni, da se po dvigu R.H posledično dvigne tudi koncentracija testosterona.

Tako kot vsi ostali spolni hormoni, je tudi testosteron narejen iz holesterola. Zato večja količina maščob v prehrani pozitivno vpliva na raven testosterona. Osebe, ki uživajo vegetarijansko prehrano imajo nižjo raven testosterona kot osebe, ki uživajo meso (Antonio in Stout, 2001, str. 37).

3.8 Teorija v praksi

Uporabo teorije, podkrepljene z izsledki raziskav, predstavlja v praksi jedilnik. Predlagan jedilnik je primeren za namišljenega športnika (v mislih avtorja ga preko celega diplomskega dela pooseblja vrhunski alpski smučar v obdobju pozne pubertete v starosti od 18–20 let), ki se v pripravljalnem obdobju posveča predvsem vadbi za moč, dnevno pa opravi dva zahtevnejša treninga (dopoldan, popoldan) ter dve krajši 30-minutni vadbeni enoti (zjutraj po vstajanju in zvečer pred spanjem).

Jedilnik sestavlja 11 obrokov s skupno kalorično vrednostjo okrog 4000 kcal. Med obroki so trije večji, ki jih sestavlja samo običajna hrana (zdrava, raznovrstna, sveža, lokalno pridelana). Dodatne manjše obroke največkrat sestavlja normalna hrana, ko njena uporaba ni mogoča (treningi, potovanja) pa tudi prehranska dopolnila.

1. Zajtrk (500 kcal) (prirejeno po dr. Budwigovi): 6.30

- ovseni kosmiči namočeni v vroči vodi: 4 žlice (kompleksni OH)
- kozja albuminska skuta: 100 g (albuminska skuta se prebavi hitreje kot običajna skuta in vsebuje nižji odstotek maščob. Izdelki iz kozjega mleka so lažje prebavljivi in vsebujejo manj maščob od običajno uporabljenih izdelkov iz kravjega mleka)
- laneno olje: 1–2 žlici (vsebuje velik delež esencialnih maščobnih kislin omega 3 in omega 6)
- med: 1 žlico ali suho sadje (vsebuje enostavne OH)
- sveže iztisnjen sadno-zelenjavni sok: 1 dcl (najbolje korenček-jabolko, kot priporoča dr. Gerson (Gerson in Bishop, 2011)).

2. Obrok pred vadbo za moč (100 kcal): 8.30

Tudi uživanje OH le 5–10min pred vadbo moči zagotovi športniku del potrebnega goriva, saj se v krvi pojavijo enostavni OH v zelo kratkem času. Če poleg OH športnik zaužije še manjšo količino beljakovin, bo imel med vadbo na voljo nekaj dodatnih aminokislin in glukoze. Dobro izbiro za obrok pred treningom moči predstavljajo po mnenju dr. Nancy Clarc (2008, str. 143) majhne količine manj mastnega sadnega jogurta, čokoladnega mleka in podobno.

3. Napitek med vadbo za moč (300 kcal): 8.45 –11.00 (težji trening)

Visoka koncentracija aminokislin v krvi v času povečanega pretoka krvi skozi mišične celice, kot kaže, pozitivno vpliva na sintezo mišičnih proteinov. Med vadbo je zato priporočljivo uživati napitek, s katerim preprečujemo dehidracijo, nadomeščamo izgubljene elektrolite in energijo, povečujemo sintezo in preprečujemo razgradnjo proteinov, ohranjamo stanje telesa pred vadbo ter zmanjšujemo možnost pojava preutrujenosti in poškodb (Bompa idr., 2003, str. 99). 1 liter napitka naj vsebuje:

- hidrolizirane sirotkine beljakovine: 40 g;
- enostavni OH (glukoza, maltodextrin): 30 g;
- magnezij, kalcij in druge minerali ter vitamine,
- vodo.

V raziskavi o pomenu pravočasnega uživanja prehranskih dopolnil pri rekreativnih bodybuilderjih sta dve skupini zaužili 270 kcal OH-beljakovinskega napitka ob točno določenem času. Napitek je bil sestavljen iz 34 g glukoze, 32 g sirotkinih beljakovin in 5,5 g kreatina. Prva skupina je napitek zaužila tik pred in takoj po treningu moči, druga skupina pa zjutraj in zvečer, torej časovno oddaljeno od treninga moči. Pri prvi skupini je bilo po 10 tednih vadbe za moč opaziti povečanje puste telesne teže za 2,8 kg, pri drugi skupini pa za 1,5 kg, kar pomeni skoraj 50 % razliko. Športniki iz prve skupine so v potisku iz prsi napredovali za 12,2 kg, druga skupina je v enakem obdobju napredovala za 9 kg (Clark, 2008, str. 257).

4. Prehransko dopolnilo in manjši obrok po vadbi za moč: 11.00–11.30

Po napornem treningu moči so glikogenske rezerve v mišičnih celicah izpraznjene. Nivo kortizola in drugih katabolnih hormonov je visok. Razgradnja mišic, ki je posledica vadbe, povzroči manjša vnetja, izčrpan pa je tudi glutamin, ki predstavlja podporo imunskemu sistemu. Če športnik ob vsem tem po vadbi namesto polnovrednega obroka ali napitka popije le nekaj vode, zamudi 60 min trajajoče »okno priložnosti« za popravilo in izgradnjo mišičnih celic ter zapolnitev izpraznjenih energijskih zalog. Z uživanjem primerne obroka takoj po vadbi in nato eno uro po koncu treninga moči športnik z dvema obrokoma, ki ju sestavljajo različna hranila, prepreči katabolne in omogoči anabolne procese v mišicah (Clark, 2008, str. 144; Bompa idr., 2003, str. 99).

Napitek (250 kcal): 11.00

- enostavni OH (glukoza, fruktoza, maltodextrin): 50 g
- glutamin: 0,1 g/kg TT
- kreatin monohidrat: 0,03 g/kgTT (vrhunski odrasli športniki 28 dni v obdobju najnapornejšega treninga, sledi vzdrževanje)
- voda

Manjši obrok (250 kcal): 11.30

- 1 žlica medu
- 1 zrela banana (lahko mango ali drugo sladko sadje)
- manj masten kozji jogurt: 2 dcl

5. Kosilo (1000 – 1300 kcal): 12.30

Sestavlja naj ga hrana, ki vsebuje kompleksne OH (polnozrnate testenine, riž, polenta, krompir), polnovredne beljakovine (manj mastno meso, ribe, jajca, stročnice in žitarice) ter zelenjavo in sadje.

6. Obrok pred vadbo (100 kcal): 15.30

Kosmiči z mlekom

7. Napitek med vadbo (300 kcal): 16.00– 18.00 (lažji trening)

- enostavni OH (glukoza, maltodextrin): 30 g
- hidrolizirane sirotkine beljakovine: 40 g
- vitamini in minerali
- voda

8. Večerja (700 – 1000 kcal): 18.30

Naj vsebuje kompleksne OH (polnozrnate testenine, riž, polenta, krompir) in polnovredne beljakovine (manj mastno meso, ribe, jajca, stročnice in žitarice) ter zelenjavo.

9. Obrok pred spanjem (250 kcal): 20.30

- ovseni kosmiči, namočeni v vodi: 2 žlici (zagotavljajo počasen dotok OH in skrajšajo nočni post)
- kozja skuta: 50–100 g (skuta se prebavlja počasi in zagotavlja dotok aminokislin v mišice za daljše obdobje. Praktičen nadomestek skute so mlečne beljakovine v obliki prehranskega dopolnila kazein (30 g), zmešanega z vodo)
- laneno olje: 1 žlica

10. Prehransko dopolnilo: 2.00

L-arginin hidroklorid: 200 mg /kg TT (za poudarjen odziv RH; uživa se ga v obdobju najnapornejših treningov, največ 12 tednov)

4 Sklep

Namen diplomskega dela je bil ponuditi trenerjem in športnikom, ki se udeležujejo v športih, v katerih moč predstavlja dominantno motorično sposobnost, preverjene informacije iz področja športne prehrane. Vse z željo, da bi informacije pomagale pri doseganju zgornjih meja športnikovih sposobnosti, ne da bi ob tem žrtvovali njegovo zdravje.

V prvem delu diplomskega dela zato predstavim splošne značilnosti makrohranil ter njihovo vlogo v treningu za moč. Predlagam količine in najprimernejši čas za njihovo uživanje. V nadaljevanju predstavim prehranska dopolnila, med katerimi je največ pozornosti posvečene kreatin monohidratu. Znova predstavim njihovo vlogo v treningu moči in predlagam primerne količine in najprimernejši čas za njihovo uporabo.

V drugem delu pa je vsebina osredotočena na spremembe, ki so posledica primerne prehrane, prilagojene treningu za moč. V največji meri gre za strukturne in funkcionalne spremembe športnikovega telesa, ki odločilno vplivajo na napredek v mišični moči, in vlogo endokrinega sistema pri teh spremembah.

Predno se trener, še bolj pa tudi športnik, posveti raziskovanju značilnosti športne prehrane ter se postavi v vlogo svetovalca, mora poznati mnoge dejavnike, ki vplivajo na načrtovanje diete. Nujno je poznavanje morfoloških značilnosti športnika in njegove biološke starosti ter tudi energetske in biomehanske zakonitosti športa, v katerem se športnik udeležuje. Posledično si lahko postavi cilj, ki pomeni velikost zelenega napredka v vsaki od motorični sposobnosti. Pred načrtovanjem diete je potrebno poznati še vadbene količine in intenzivnost napora, ki ga športnik premaguje v določenem trenajnem obdobju. Kot primer vključevanja teorije v prakso zato ob koncu razprave predlagam jedilnik. Pri oblikovanju jedilnika upoštevam vse zgoraj opisane dejavnike, ki so odločilni pri izbiri vrste in količin živil ter času njihovega zaužitja; s tem poudarim, da mora biti prehrana vedno prilagojena potrebam športnika, ki želi napredovati v moči.

Preko celega diplomskega dela ugotavljam, da pravočasnost uživanja hrane in prehranskih dopolnil določa, kakšen in kolikšen bo njen vpliv na vadbo za moč. Skoraj vedno obstaja najprimernejši čas za zaužitje določenega hranila, velja pa tudi ravno obratno. Bompaa, Pasquale, Cornacchia (2003) in Clark (2008) priporočajo redno hranjenje preko celega dne v štirih osnovnih obrokih (zajtrk, kosilo 1, kosilo 2 in večerja). Poleg teh je enako pomembno dodatno uživanje manjših obrokov in primernih prehranskih dopolnil zjutraj in zvečer ter v času tik pred, med in takoj po športni aktivnosti.

Hrano in prehranska dopolnila, ki jih sestavljajo kompleksni OH in beljakovine, naj športnik uživa nekaj ur pred oz. po športni aktivnosti. Enako tudi v obliki zajtrka takoj ko vstane in v obliki večernega obroka tik pred spanjem, s čimer se skrajša nočni post in pospeši anabole procese. Prehranska dopolnila, ki vsebujejo enostavne OH, posamezne aminokisline in hidrolizirane beljakovine, ki pozitivno vplivajo na dvig nivoja anaboličnih hormonov v telesu, pa se uživa pred, med in takoj po vadbi za moč. V obdobju najnapornejše vadbe se vrhunskim športnikom priporoča uživanje nekaj dodatnih beljakovin in kompleksnih OH ali posameznih aminokislin tudi sredi noči. Tovrstna dieta omogoči stalni dotok glukoze in aminokislin v mišične celice tekom celega dne. Kadar je koncentracija aminokislin v krvi nad normalnimi vrednostmi, jih mišica črpa večje količine, kar pozitivno vpliva na sintezo krčljivih beljakovin (Bompa idr., 2003, str. 99-101; Clark, 2008, str. 257).

Športniki v mnogih športih, pri katerih moč predstavlja dominantno motorično sposobnost (dviganje uteži, borišni športi, športna gimnastika, alpsko smučanje, meti v atletiki in drugi), med samim nastopom na tekmovanju, ki ob največji intenzivnosti traja od nekaj sekund do nekaj minut, ne potrošijo ogromno energije. A treningi pri vrhunskih športnikih potekajo od 2 do 5-krat dnevno in skupaj z odmori do 8 ur na dan oz. 40 ur na teden (Zatsiorsky in Kraemer, 2006). Če želi športnik vsak trening opraviti optimalno, ne da bi mu ob koncu zmanjkalo moči in bi se mu drastično poslabšali koordinacija in koncentracija, mora biti skrb za nadomeščanje med aktivnostjo izgubljenega glikogena osnovni cilj pri načrtovanju športnikove prehrane.

Take ugotovitve so večkrat v nasprotju z nasveti iz literature, ki se brez odnosa do ostalih motoričnih sposobnosti posveča izključno vadbi za moč ali bodybuildingu, kjer se prehranski načrt vrti okoli nerazumno velikih količin zaužitih beljakovin in prehranskih dopolnil. Zavedati se je potrebno, da predstavlja vadba za moč najpogostejše orodje za hitrejši napredek v izbranem športu. Razvijanju moči je zato običajno posvečen le del vadbenih enot v mikrociklu ali del posamezne vadbene enote. V takih okoliščinah postane, poleg vloge beljakovin kot gradnikov, izredno pomembna tudi vloga mišičnega in jetrnega glikogena, ki poleg CrP zagotavljata energijo med vadbo.

S pomočjo natančnega načrtovanja hranjenja in uživanja tekočin kot dela življenjskega sloga in treningov se športnik izogne morebitnemu pojavu lakote ali žeje. Verjetno nimata nobena druga dejavnika tako velikega potenciala za negativen vpliv na športnikovo počutje, sposobnosti in zdravje kot prav omenjena. Zato športnik, ki želi izkoristiti svoj motorični potencial in doseči dobre tekmovalne rezultate, ne sme nikoli občutiti lakote ali žeje (Benardot 2006, str. 158).

5 Viri

1. Anselme, B., Perilleux, E. in Richard, D. (1999). Biologija človeka. Ljubljana: DZS.
2. Antonio, J. in Stout, J. R. (2001). Prehranska dopolnila za športinke [Sports Supplements]. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
3. Baechle, T. R. in Earle, R.W. (2000). Osnove treninga moči in kondicije [Essentials of Strength Training and Conditioning]. Leeds: Human Kinetics.
4. Benardot, D. (2006). Sodobna športna prehrana [Advanced Sports Nutrition]. Leeds: Human Kinetics.
5. Bompa, T. O., (1999). Periodizacija, Teorija in metodologija treninga [Periodization, Theory and Methodology of Training]. Leeds: Human Kinetics.
6. Bompa, T. O., Di Pasquale, M. in Cornacchia, L. J. (2003). Resen trening moči [Serious Strength Training]. Leeds: Human Kinetics.
7. Brooks, G. A., Fahey, T. D. in Baldwin, K. M. (2004). Fiziologija vadbe [Exercise Physiology]. New York: Mc Graw Hill, Higher Education.
8. Clark, N. (2008). Vodič športne prehrane [Sports Nutrition Guidebook]. Leeds: Human Kinetics.
9. Colgan, M. (1993). Optimalna športna prehrana [Optimum Sports Nutrition, Your Competitive Edge]. New York: Advanced Research Press.
10. Dervišević, E. in Vidmar, J. (2009). Vodič športne prehrane. Ljubljana: Fakulteta za šport, Fundacija za šport Republike Slovenije.
11. Gerson, C. in Bishop, B. (2011). Gersonova terapija. Ptuj: Založba Murat.
12. Jeukendrup, A. in Gleeson, M. (2004). Športna prehrana [Sport Nutrition]. Leeds: Human Kinetics.
13. Kleiner, S. M. in Greenwood – Robinson, M. (1998). Hrana za moč [Power Eating]. Leeds: Human Kinetics
14. Lasan, M. (2004). Fiziologija športa – harmonija med delovanjem in mirovanjem. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
15. Lasan, M. (2005). Stalnost je določila spremembo – fiziologija. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
16. Maughan, R. J. in Burke, L. (2005). Prehrana v športu [Nutrition in Sport]. Oxford: Blackwell Science.
17. Mooren, F. C. in Völker, K. (2005). Fiziologija vadbe na nivoju molekule in celice [Molecular and Cellular Exercise Physiology]. Leeds: Human Kinetics.

18. Newton, H. (2010). Dviganje uteži in njegova uporaba v športu [Explosive Lifting for Sports]. Leeds: Human Kinetics.
19. Osredkar, J. (2002). Analiza uporabe kreatina kot nadomestnega energenta v športu. Celje: Zdravstveni dom Celje.
20. Ostan, I., Ambrozius, B. in Ostan, A. (2001). Ko zdravila odpovedo. Ljubljana: Aura.
21. Rippetoe, M. in Kilgore, L. (2007). Praktična navodila za vadbo moči [Practical Programming for Strength Training]. USA: The Aasgaard Company.
22. Ušaj, A. (2003). Kratek pregled osnov športnega treniranja. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
23. Zatsiorsky, V. M. in Kraemer, W. J. (2006). Treninga moči skozi znanost in praksa [Science and Practice of Strength Training]. Leeds: Human Kinetics.