

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT

# **DIPLOMSKO DELO**

**ALEŠ SELIŠKAR**

Ljubljana, 2011



UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT  
Smer študija: Športno treniranje – Fitnes

**POMEN MAKROHRANIL PRI KONTROLI TELESNE MASE V  
PROCESU ŠPORTNE VADBE**

**DIPLOMSKO DELO**

MENTOR: doc. dr. Edvin Dervišević  
SOMENTOR: asist. dr. Vedran Hadžić  
RECEZENT: doc. dr. Primož Pori

AVTOR: Aleš Seliškar

Ljubljana, 2011

KLJUČNE BESEDE: zdrava prehrana, športna prehrana, kontrola telesne mase, makrohranila, prehranski status, energijski vnos, energijska poraba

**POMEN MAKROHRANIL PRI KONTROLI TELESNE MASE V PROCESU ŠPORTNE VADBE**  
UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA ŠPORT

**Aleš Seliškar**

Ljubljana, 2011

Strani: 99, Tabele: 26, Slike 29, Literatura: 59.

**IZVLEČEK**

V diplomskem delu je predstavljen pomen energijskega vnosa in vnosa makrohranil za zdravo izgubljanje odvečne maščobne telesne mase, katera predstavlja tveganje za športnikovo zdravje. Poleg tega pa so lahko, zaradi odstopanja od optimalne telesne mase za določen šport, njegovi rezultati slabši. Pogosto se srečujemo z neproduktivnimi metodami, ki se jih športniki poslužujejo, da bi se uvrstili v želeno kategorijo po teži ali da bi zadostili estetskemu kriterijem,.... Če športnik želi izgubiti odvečne zaloge telesne maščobe, ne da bi pri tem trpeli športni rezultati, mora to vnaprej skrbno načrtovati. Prvi korak je ugotavljanje njegovega prehranskega statusa (telesna sestava, energijski vnos, poraba,....). Športnik mora v prvi vrsti zagotoviti zdravo prehrano in podpreti svoj organizem v procesu športne vadbe. Kalorijski vnos je potrebno omejiti zmerno, da bo izgubljanje teže potekalo postopno in predvsem na račun odvečne telesne maščobe. Pri tem mora biti prispevek k energijskemu vnosu posameznih makrohranil v optimalnem razmerju. Zanimivo je, da se ogljikovi hidrati in beljakovine le neradi oz. v manjši meri pretvarjajo v maščobe in da se njihova oksidacija in shranjevanje v zalogi v veliki meri prilagaja vnosu. Kljub temu pa ogljikovi hidrati zmanjšajo potrebe po maščobah kot energetskemu viru, zaradi česar se njihova odvečna količina nabira v maščobnih zalogah v telesu. Predvsem pa je ključno zagotoviti, da je energijski vnos manjši od potrošnje (negativna energijska bilanca), vnos maščob pa mora biti manjši od oksidacije.

Pogosto se pojavlja dilema vaditi intenzivneje in ustvariti višjo skupno energijsko porabo ter tvegati, da se bo večina energije sprostila iz ogljikovih hidratov ali vaditi zmerneje in pri tem ustvariti nižjo skupno potrošnjo ter višji odstotek porabe maščob. Raziskave kažejo, da obstaja optimalno območje intenzivnosti vzdržljivostne vadbe. Vadba moči ne vpliva neposredno na izgubo telesnih maščob, a jo je kljub temu pametno izvajati, ker prispeva k ohranitvi mišične mase in moči.

KEYWORDS: healthy food, sports nutrition, weight control, macronutrients, nutrition status, energy intake, energy expenditure

## **THE IMPORTANCE OF MAKRONUTRIENTS IN THE CONTROL OF BODY WEIGHT IN THE PROCESS OF PHYSICAL EXERCISE**

UNIVERSITY OF LJUBLJANA, FACULTY OF SPORTS

**Aleš Seliškar**

Ljubljana, 2011

Pages: 99, Tables:26, Pictures:27 , Literature: 59.

### **EXTRACTION**

The thesis presents the significance of energy intake and the intake of macronutrients for a healthy loss of excess body fat which presents a risk to the athlete's health. In addition, the deviation from ideal body weight may result in suboptimal performance of the athlete. Athletes often use non-productive methods to reach the desired weight category or to meet the aesthetic criteria. If the athlete wants to lose excess body fat without compromising the sports results, he must carefully plan in advance. The first step is to determine the athlete's nutritional status, body composition, energy intake and energy expenditure. Athlete should primarily ensure a healthy diet to support the organism in the process of sports training. The reduction of calorie intake should be careful and moderate to ensure the gradual weight loss which should be primary at the expense of excess body fat. The contribution of individual macronutrients to the energy intake should be in optimal proportions. It is interesting that the carbohydrates and proteins are only reluctantly and to a lesser extent converted into fats and that their oxidation is largely adjusted to the intake. However, carbohydrates reduce the need for fats as an energy source; and as a result the excess quantity of fat accumulates in the body. Above all, it is vital to ensure that the energy intake is smaller than expenditure (negative energy balance), and the fat intake must be smaller than the oxidation.

The common dilemma is whether to train intensively and create a higher total energy expenditure and expose to the risk that the majority of the energy will be released from carbohydrates or train moderately and thereby create a lower total expenditure and a higher percentage of fat expenditure. Research shows that there is an optimal intensity of the endurance training program. Strength training has no direct impact on the loss of body fat, but is still wise to include in the training program because it helps to maintain muscle mass and strength.

## Kazalo

1.	UVOD.....	8
1.1.	GIBANJE, ŠPORTNA VADBA IN ZDRAVJE .....	8
1.2.	PROBLEM PREKOMERNE HRANJENOSTI PRI ŠPORTNIKIH IN NEŠPORTNIKIH.....	9
1.3.	CILJI.....	9
2.	METODE DELA .....	11
3.	RAZPRAVA .....	12
3.1.	ENERGIJSKI PROCESI MED TELESNO AKTIVNOSTJO .....	12
3.1.1.	Energijska presnova .....	12
3.1.2.	Energijski procesi v skeletni mišici .....	13
3.2.	Hormonski sistem in vadba (energijsko ravnovesje v organizmu).....	16
3.2.1.	Delovanje inzulina .....	17
3.2.2.	Delovanje glukagona .....	18
3.2.3.	Delovanje kateholaminov .....	18
3.2.4.	Rastni hormon.....	18
3.2.5.	Testosteron .....	19
3.2.6.	Kortizol .....	19
3.3.	PREHRANSKI STATUS -PREHRANJENOST ŠPORTNIKOV.....	20
3.3.1.	Anamneza: način prehrane .....	20
3.3.2.	Klinični pregled.....	27
3.3.3.	Antropometrija.....	28
3.3.4.	Imunobiološke preiskave .....	33
3.4.	HRANA – ŽIVILA.....	33
3.5.	ZDRAVA PREHRANA .....	33
3.5.1.	Prehrana danes .....	36
3.5.2.	Prehrana kot podpora športni vadbi in kontroli telesne mase (TM) 1 .....	37
3.6.	Pomen makrohranil pri kontroli telesne mase .....	38
3.6.1.	Beljakovine .....	40
3.6.2.	Ogljikovi hidrati (OH).....	51
3.6.3.	Maščobe .....	69
3.6.4.	Alkohol .....	80
3.7.	ENERGIJSKI VNOS PRI KONTROLI TM .....	81
3.7.1.	Energijski vnos in kontrola TM .....	83

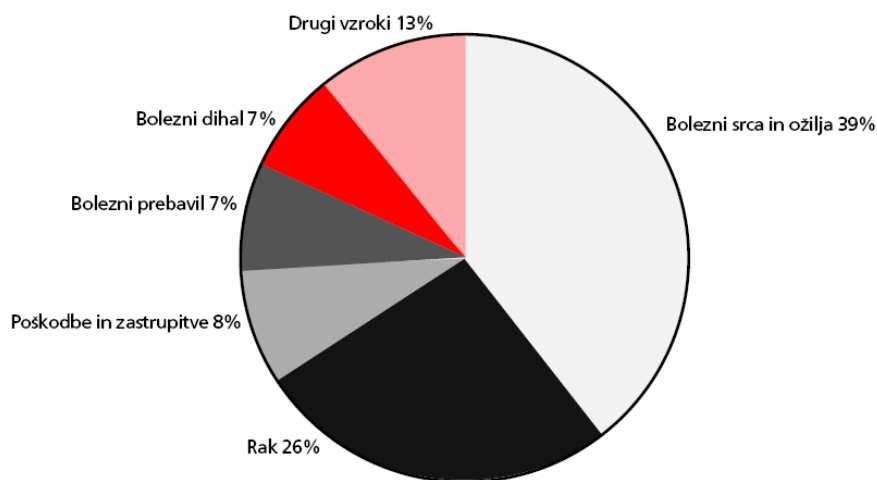
4.	ŠPORTNA VADBA.....	87
4.1.	DEFINICIJA ŠPORTNE VADBE, NAČELA IN ZAKONITOSTI .....	87
4.2.	DNEVNA TELESNA AKTIVNOST, ŠPORTNA VADBA IN KONTROLA TM .....	88
4.2.1.	Dnevna telesna aktivnost.....	88
4.2.2.	Vadba vzdržljivosti in TM .....	88
4.2.3.	Vadba moči in TM .....	91
5.	SKLEP .....	92
6.	VIRI .....	94

## 1. UVOD

### 1.1. GIBANJE, ŠPORTNA VADBA IN ZDRAVJE

Nesporno je zdravje, z vsemi svojimi komponentami, ena temeljnih človekovih vrednot, ki nam pomaga, da življenje doživimo bolj polno in pestro. Ljudska modrost pravi, da nam postane pomembno šele takrat, ko se nas loti bolezen.

Gibalna neaktivnost povzroči 2 milijona smrtnih primerov letno (*WHO, Risk Factors for Chronic Disease*).



Vir: Zdravstveni statistični letopis 2001, IVZ RS

**Slika 1:** Vzroki smrti v Sloveniji leta 2002, oba spola, vse starosti (Vir: Inštitut za varovanje zdravja RS, Zdravstveni statistični letopis)

V Sloveniji raziskave kažejo relativno nizek odstotek telesno aktivnih. Sila (2009) navaja rezultate študije iz leta 2008 o športno-rekreativni dejavnosti Slovencev, ki kažejo, da je v Sloveniji redno telesno aktivnega 33 % prebivalstva, pri čemer redna telesna aktivnost pomeni aktivnost vsaj dvakrat tedensko.

Šport lahko zapolni vrzeli na področju gibalne aktivnosti, ki nastajajo zaradi sedečega življenjskega sloga. Redna gibalna aktivnost, kot je hoja, kolesarjenje ali ples, ima pozitiven učinek na zdravje. Zmanjšuje tveganje za kardiovaskularne bolezni, diabetes in osteoporozo, pomaga pri kontroli telesne teže in k duševnemu blagostanju. Zatorej bi vsakdo moral vsakodnevno opraviti vsaj 30 minut zmerne telesne aktivnosti (*WHO, Physical activity*). V odvisnosti od naših želja, namena, motivov in ciljev, ki si jih postavimo, lahko s pravilno izbrano gibalno aktivnostjo, ob pravi prehrani in s primernim režimom življenja ohranjamo in razvijamo različne gibalne in funkcionalne sposobnosti ter morfološke značilnosti (Sila, 2001).



## 1.2. PROBLEM PREKOMERNE HRANJENOSTI PRI ŠPORTNIKIH IN NEŠPORTNIKIH

Po navedbah svetovne zdravstvene organizacije (WHO) je debelost dosegla že stopnjo epidemije alarmantnih razsežnosti. Enako potrjujejo tudi evropske študije. Debelost predstavlja potencial za razvoj precejšnjega števila bolezenskih zapletov, kot so visok pritisk, koronarne srčne bolezni, diabetes tipa II in ortopedske bolezni ter nekatere vrste raka. Porast debelosti je predvsem posledica slabih prehranjevalnih navad, vse manjše količine gibanja (sedentarni življenjski slog), torej pozitivne energetske bilance. Najbolj pa so ogroženi tisti z nizkim socialnoekonomskim statusom. Nizek SES skupaj s prekomerno telesno težo staršev predstavlja precejšnje tveganje za prekomerno telesno težo pri otrocih (Brettschneider in Naul, 2007). Ministrstvo za zdravje RS (2007) poroča o naraščanju pojavnosti čezmerne prehranjenosti in debelost, kar je sicer splošna značilnost razvitega dela sveta. Da bi preprečili razvoj prekomerne telesne teže in ohranili ter okrepili zdravje, je najpomembnejše razmerje med energijskim vnosom in energijsko porabo, skratka med prehranjevanjem in telesno (gibalno) dejavnostjo. Športna vadba v kombinaciji s pravilno prehrano pri tem lahko igra ključno vlogo.

Tudi rekreativni, v največji meri pa vrhunski, športniki se srečujejo s problemom kontrole telesne mase. Športnikova telesna velikost, postava in sestava igra pomembno vlogo pri napovedi uspeha v športu. Pri tem je bistvenega pomena posameznikova maščobna masa in pusta telesna masa (Wilmore in Costil, 1999). Odvečna telesna (maščobna) masa lahko športnika ovira pri doseganju optimalnih rezultatov. Nekateri športi pa zahtevajo od tekmovalcev posebno pozornost pri prehrani, saj so bodisi vezani na estetiko ali uvrščanje v kategorije po telesni masi.

Vloga prehrane pri športniku je podobna kot pri nešportniku – zagotovitev vseh potrebnih snovi za obstoj, razvoj in optimalno delovanje organizma (Dervišević, 2009). Problem diplomskega dela je priskrbeti teoretično podporo za razumevanje faktorjev, ki vplivajo na oksidacijo maščob in teoretično podprt model vnosa makrohranil s ciljem dolgoročne izgube telesnih maščob. Pod makrohranila, ki jih bom o obravnavali pa spadajo ogljikovi hidrati, beljakovine, maščobe in alkohol.

## 1.3. CILJI

1. Predstaviti ugotovitve iz sodobne strokovne in znanstvene literature na tem področju športne prehrane.
2. Ugotoviti kako določiti energijski vnos in porabo ter vnos makrohranil športnika ali rekreativnega športnika s ciljem izgube telesnih maščob.
3. Ugotoviti kateri faktorji vplivajo na oksidacijo maščob pri športniku ali rekreativcu.

Želja je torej združiti ugotovitve pomembnejših avtorjev in postaviti temelje za boljše razumevanje zmanjševanja telesne (maščobne), osvetliti kaj se v resnici dogaja s posameznimi makrohranili po vnosu in tako dati teoretično podporo uravnoveženi dieti. Ugotoviti kateri faktorji vplivajo na oksidacijo maščob in kako lahko športna vadba podpira proces. To bo pripomoglo boljšemu načrtovanju prehrane za optimalno izgubo telesnih maščob in vadbe rekreativnim in vrhunskim športnikom.

## **2. METODE DELA**

Diplomsko delo je monografskega tipa. Pri izdelavi dela sem si pomagal z najsodobnejšo strokovno in znanstveno literaturo na tem področju. Opiral pa sem se tudi na svoje trenerske izkušnje.

### 3. RAZPRAVA

#### 3.1. ENERGIJSKI PROCESI MED TELESNO AKTIVNOSTJO

##### 3.1.1. Energijska presnova

Presnova je skupek vseh biokemičnih procesov v organizmu, s pomočjo katerih organizem zaužito hrano pretvori v sebi lastne molekule (izgradnja telesa) in v energijo (izvajanje aktivnosti). Presnova vključuje prebavo hranil v prebavnem traktu in presnovo v celicah in je osnova vseh dogajanj v organizmu. Dva osnovna procesa sta anabolizem in katabolizem. Anabolizem je proces izgradnje in odločilen za rast in razvoj organizma, katabolizem pa je proces razgradnje in je odločilen za pridobivanje energije. Med športno aktivnostjo se torej odvija predvsem proces katabolizma, saj je v tej fazi ključnega pomena zagotovitev optimalne količine energije v želenem času. Del te energije se uporabi za mišično delo, del pa se je pretvori v toplotno energijo.

Energija v telesu se tvori na dva načina, aerobni in anaerobni.

- Aerobni: Energija se sprošča ob prisotnosti kisika (oksidativni procesi). V tem procesu sodelujejo glukoza, maščobne kisline in redkeje beljakovine (glukoneogeneza).
- Anaerobni: Energija se sprošča brez prisotnosti kisika. V tem procesu so udeleženi adenzin trifosfat (ATP), kreatinfosfat (CP) in glukoza (anaerobna laktatna glikoliza) (povzeto po Dervišević E, Vidmar J, 2009).

Ušaj (2003) deli anaerobno energijsko presnovo še na: i) anaerobno laktatno in ii) anaerobno alaktatno. Pri tem pa sta pomembni še dve kategoriji, in sicer moč in kapaciteta. Moč označuje največjo možno hitrost poteka biokemičnih reakcij v določenem energijskem procesu (obnove ATP), kapaciteta pa količino energije, ki jo je mogoče sproščati iz določenega energijskega vira (goriva).

**Tabela 1:** Kapaciteta in moč glavnih energijskih procesov (Ušaj, 2003)

Energijski proces	Največja moč (mol ATP/min)	Največja kapaciteta (razpoložljivih mol ATP)
Fosfagen (ATP + CP)	3.6	0.7
Glikogenoliza	1.6	1,2
Aerobni procesi	1.0	90,0

### 3.1.2. Energijski procesi v skeletni mišici

Za premagovanje obremenitve potrebujemo energijo, ki se v mišicah iz kemijske pretvarja v mehanično. Energija se v organizem vnaša s hrano. V telesu je shranjena v obliki energijskih vezi med atomi (Ušaj, 1996). Energijo lahko definiramo kot potencial za opravljanje dela oz. produkcijo sile. Za mišično krčenje telo potrebuje kemično energijo v obliki adenzin trifosfata (ATP). ATP je nukleotid dušikove baze adenina, pentoznega sladkorja in treh fosfatnih radikalov. Energija, sproščena pri hidrolizi ATP, je osnova za vsakršno biološko delo. Pri hidrolizi ATP-ja encim miozin ATP-aza aktivira specifična mesta na krčljivih elementih, kar povzroči krčenje mišičnih vlaken. Pri tem se sprosti pribl. 31 kJ proste energije na mol ATP-ja, ki razpade na adenzin difosfat (ADP) in neorganski fosfat (Pi):

Ker je zaloga ATP kot vira energije za mišično delo in delovanje drugih organskih sistemov omejena (4-5 mmol/kg mišične mase), zadostuje le za nekaj mišičnih kontrakcij. Obnova ATP poteka s presnovo različnih goriv po treh metaboličnih poteh, od katerih sta dve anaerobni, tretja pa je aerobna (Brooks in sod., 1996).

Ti mehanizmi so namenjeni regeneraciji ATP-ja v takšni meri, da preprečujejo bistven padeč koncentracije ATP-ja v skeletnih mišicah. Njegova količina zadostuje le za nekaj sekund intenzivne aktivnosti. Nato se resinteza ATP-ja odvija s pomočjo razgradnje kreatinfosfata in glikolize. Oba procesa se odvijata brez prisotnosti kisika (anaerobna mehanizma) v sarkoplazmi in porabljata le po en substrat za produkcijo energije (Kreatin fosfat in G6P). Aerobni proces, ki se odvija v mitohondrijih, pa za produkcijo energije uporablja več substratov. Le-ti nastanejo s pomočjo encimov v sarkoplazmi iz ogljikovih hidratov (OH), beljakovin, maščob in alkohola. Po navadi sta to 2-ogljiko acetilni skupini vezani na koencim A (acetil-CoA), ki lahko popolnoma oksidira v mitohondrijih, pri čemer se sprosti energija.

Aktivnost posameznih energetskega sistemov je pod vplivom (Lasan, M. 1996):

- razmerja med ATP in ADP,
- koncentracije acetil-CoA v mišični celici,
- razmerje med NAD in NAD.H2.

#### 3.1.2.1. Mehanizmi resinteze ATP za generacijo mišične sile:

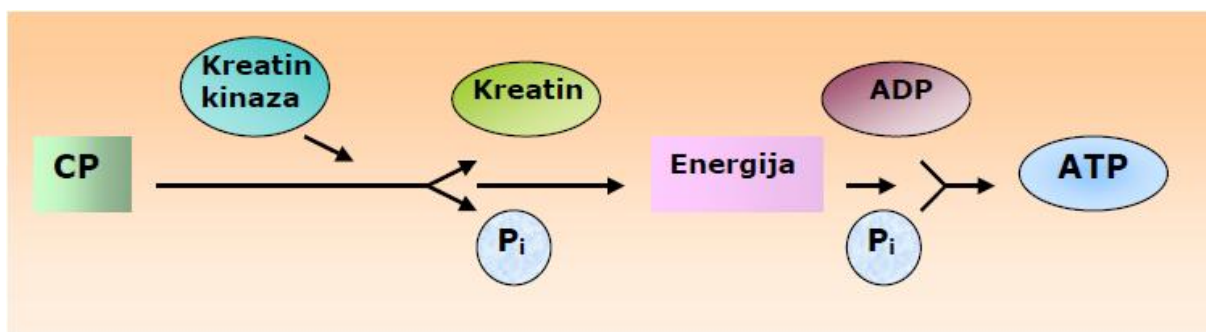
##### a) Hidroliza kreatinfosfata (PCr)

Hitra resinteza ATP-ja, brez prisotnosti kisika, se odvija z razpadom kreatinfosfata na kreatin in neorganski fosfat s pomočjo encima kreatin kinaze. Pri tem se sprosti 3-4 krat več energije kot pri hidrolizi ATP-ja. Pri zelo intenzivni aktivnosti se lahko rezerve

kreatinfosfata skoraj popolnoma izpraznijo. Hitrost razpada kreatinfosfata pa je odvisna od intenzivnosti vadbe. Hidroliza kreatinfosfata je reverzibilen proces, kar pomeni, da se lahko kreatin in fosfat ponovno povežeta v kreatinfosfat, kadar je energija za ta proces na voljo iz drugih virov.

Zaradi visokega nivoja energetskega transferja ta sistem omogoča mobilizacijo velike sile v kratkem obdobju. Največja pomanjkljivost pa je omejena kapaciteta. V kolikor v mišici ni na voljo nobenega drugega vira, se bo hitro pojavila utrujenost.

Slednji proces je pomemben pri kasnejši fazi maksimalnega mišičnega naprežanja ali dolgotrajne submaksimalne vadbe, ko so zaloge mišičnega glikogena izčrpane (Sahlin in Broberg 1990. povzeto po Gleeson, 2005). Iz enega mola CP se resintetizira en mol ATP-ja.



**Slika 2:** Razgradnja kreatin fosfata (CP) v kreatin in anorganski fosfat (Pi) s sproščeno energijo, ki se uporabi pri obnovi ATP (Wilmore in Costill , 1999)

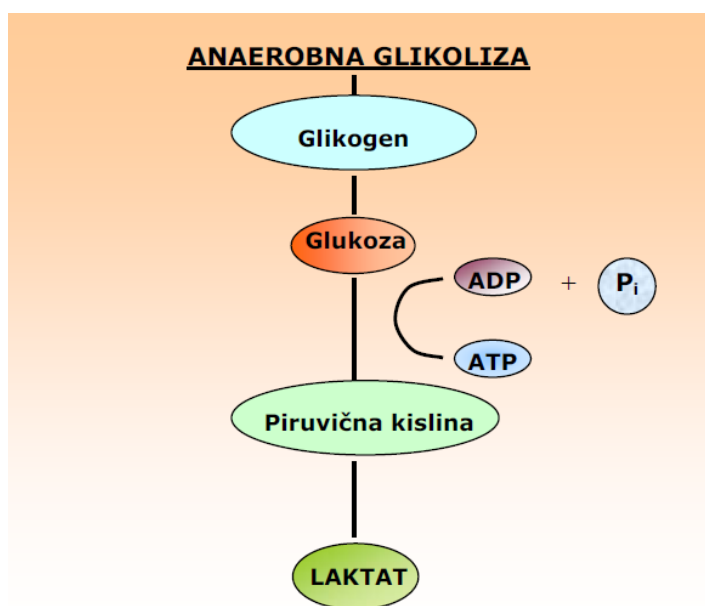
### b) Glikoliza

»Glikoliza imenujemo razgradnjo glukoze (ali glikogena) s procesom fosforilacije na nivoju substratov, pri čemer je končni produkt piruvat. Reakcija poteka brez prisotnosti kisika. V kolikor želimo ohraniti reakcijo, je potrebno odstraniti piruvat. To lahko storimo z znižanjem intenzivnosti napora, pri čemer ob prisotnosti kisika v mitohondrijih piruvat razpade na ogljikov dioksid in vodo. V nekaterih situacijah pa se piruvat odstrani s pretvorbo v laktat, pri tem prisotnost kisika ni potrebna.

Prvi korak se prične po vstopu molekule glukoze v celico z ireverzibilno fosforilacijo, ki jo katalizira encim heksokinaza, pri čemer se glukoza pretvori v glukoza-6-fosfat (G6P). Pri tem koraku se energija porablja (1 ATP/molekulo glukoze). Pri visoko intenzivnih naporih se za mišično delo porablja predvsem glikogen, saj koncentracija G6P zavira delovanje encima heksokinaze. Encima fosforilaza in amilo-1,6-glukozidaza omogočita, da se glukoza sprostí iz molekul glikogena in je hitro fosforilizirana v G6P s pomočjo heksokinaze. Drugi del fosforilacije vključuje pretvorbo le-te v piruvat skupaj s tvorbo ATP-ja in redukcijo (2-eh molekul) nikotinamida adenin dinukleoteida (NAD<sup>+</sup>) v NADH.

Iz ene molekule glukoze torej nastaneta dve molekuli piruvata in pretvorba dveh molekul  $\text{NAD}^+$  v  $\text{NADH}$ « (povzeto po (Gleeson, 2005). Iz enega mola glukoze se torej resintetizirata 2 mola ATP-ja.

Pri anaerobni glikolizi se sprošča energija, ki omogoča izvedbo visoko intenzivne aktivnosti, ki drugače ne bi bila možna. »Ti procesi potekajo počasneje od anaerobno alaktatnih, toda v primerjavi z njimi imajo veliko večjo zmogljivost. Omejitveni dejavnik zmogljivosti ni količina goriva (glikogen), ampak pojav velike metabolične acidoze (pH mišice  $< 6,00$ ; pH krvi  $< 7,00$ ) in z njo povezane utrujenosti« (Ušaj, A. 1996).

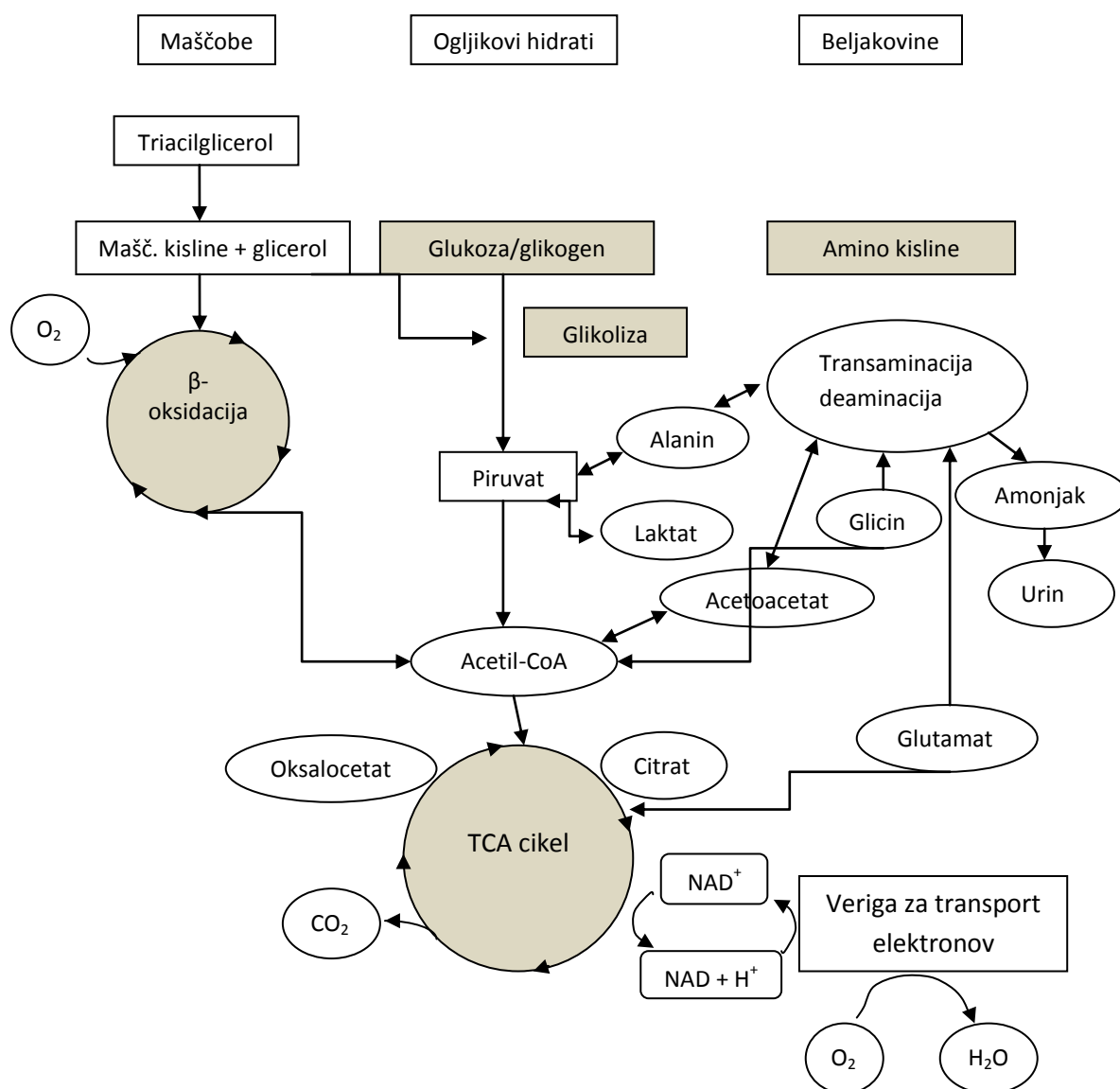


**Slika 3:** Anaerobna glikoliza (Wilmore in Costill, 1999)

### c) Aerobna presnova – oksidacijska fosforilacija

Produkti presnove ogljikovih hidratov, maščob, beljakovin in alkohola lahko vstopijo v cikel trikarboksilne kisline (TCA) v mitohondrijih, kjer oksidirajo v ogljikov dioksid in vodo. Proces se imenuje oksidacijska fosforilacija in prispeva energijo za resintezo ATP. Na prvi stopnji se v procesu glikolize pretvori glukoza do piruvata. V drugi stopnji pa poteka pretvorba piruvata v acetil-CoA (piruvat dehidrogenazni kompleks). Pri tem se  $\text{NAD}^+$  pretvori v  $\text{NADH}$ . Proces je kataliziran s kompleksom encimov piruvat dehidrogenaza. Acetil-CoA pa se ravno tako tvori tudi iz metabolizma maščobnih kislin v mitohondrijih v procesu  $\beta$ -oksidacije, pri čemer je potreben kisik. Reakcije vključujejo kombinacijo acetil-CoA z oksalocetom, pri čemer se tvori citrat s 6 atomi ogljika (6C citrat). V citratnem ciklusu se odvija oksidacija acetil-CoA do  $\text{CO}_2$ , pri čemer se postopno odcepljajo vodikovi atomi in nastajajo energijsko bogate spojine (ATP,  $\text{NADH}$ ,  $\text{FADH}_2$ ).

Najpomembnejša funkcija trikarboksilnega cikla je generiranje vodikovih atomov za nadaljnje prehajanje v verigo za prenos elektronov preko NADH in FADH<sub>2</sub>. Aerobni proces transporta elektronov – oksidacijske fosforilacije obnavlja ATP iz ADP, pri čemer ohranja nekaj kemične potencialne energije, shranjene v prvotnih substratih v obliki visokoenergetskih fosfatov. Trikarboksilni cikel in s tem obnova NAD<sup>+</sup> in FAD se odvija, vse dokler je na voljo dovolj kisika (O<sub>2</sub>) in substratov. Iz enega mola glukoze se pri oksidacijski fosforilaciji resintetizira 36 molov ATP-ja.



Slika 4: Presnovne poti posameznih makrohranil (Maughan, 2005)

### 3.2. Hormonski sistem in vadba (energijsko ravnovesje v organizmu)

Metabolične procese usmerjajo žleze z notranjim izločanjem s svojimi hormoni, ki spreminjajo transport snovi skozi celične membrane in vzorce in aktivnosti encimov. Njegovo delovanje se kaže v spreminjanju metabolično-energijskih procesov v celicah.



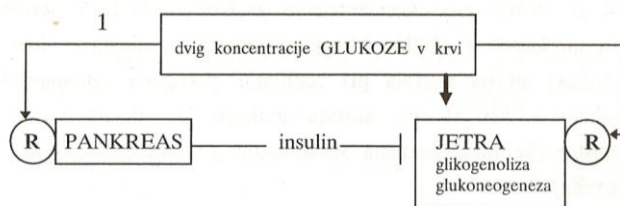
Urnvananje poteka preko hipotalama, ki je del limbičnega sistema. Ta sistem uravnava stopnjo naše budnosti, motivacijo in emocije (Lasan, M. 1996)..

V organizmu imamo na razpolago tri energijske rezervoarje: maščobne celice, jetrne celice in mišične celice. Od teh ima mišičje energijo zaprto le za lastno delovanje, ostala dva sistema pa sta na razpolago tudi drugim celicam. Koncentracija snovi v krvi je posledica prepletanja številnih dogajanj: vnosa s hrano, porabe, napolnjenosti zaloga, in izločanja (Lasan, 1996). Podnevi prevladuje poleg lokalnega uravnalnega kroga pankreas – jetra, aktivnost kortizola in adrenalina, medtem ko je ponoči rastni hormon tisti, ki vzdržuje koncentracijo glukoze v krvi. Med vsemi hormoni le inzulin znižuje koncentracijo glukoze v krvi (Lasan, M. 1996).

Za zagotavljanje in koriščenje substrata za gorivo med vadbo je v največji meri odgovorna interakcija med hormoni tj. inzulinom, glukagonom in kateholamini (adrenalin in noradrenalin). Pomembno vlogo pri tem pa imata tudi kortizol in rastni hormon (Gleeson, 2005).

### 3.2.1. Delovanje inzulina

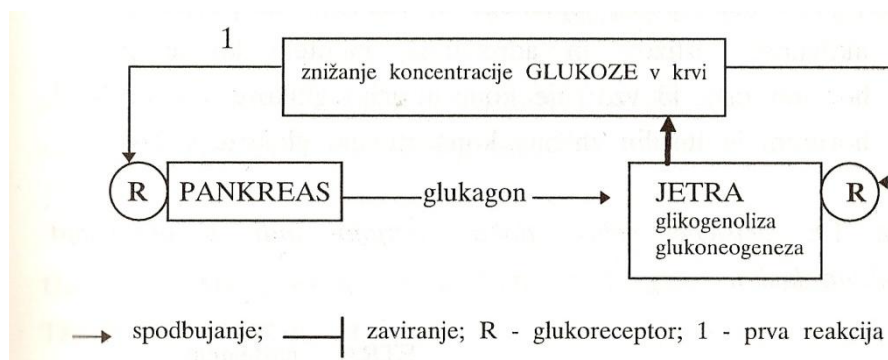
»Sekrecija hormona inzulina se odvija v  $\beta$ -celicah Langerhansovih otočkov v pankreasu. Učinki njegovega delovanja se kažejo v zaviranju lipolize, povečanju privzema glukoze iz krvi v tkiva (še posebno v skeletno mišičevje), jetra in adipocite, ravno tako pa tudi spodbuja sprejem aminokislin v celice. Ti učinki znižujejo koncentracijo glukoze v plazmi, zavirajo sproščanje glukoze iz jeter, spodbujajo sintezo glikogena (v jetrih in mišičevju), spodbujajo sintezo lipidov in zavirajo sproščanje prostih maščobnih kislin iz adipocitov, povečujejo privzem amino kislin v mišice in pospešujejo sintezo beljakovin. Primarni stimulans za sekrecijo inzulina je povečana koncentracija glukoze v krvi« (Gleeson, 2005). Med naporom je lokalno uravnavanje aktivnosti trebušne slinavke preko koncentracije glukoze v krvi preglašeno s centralnim simpatoadrenalnim mehanizmom, ki zmanjšuje produkcijo inzulina. Zaradi nižje koncentracije inzulina med naporom je odstranjena tudi inhibicija procesov lipolize v maščobnih celicah (povzeto po Lasan, 1996).



**Slika 5:** Lokalni uravnalni krog glukoze – inzulin (Lasan, 1996)

### 3.2.2. Delovanje glukagona

»Sekrecija glukagona se odvija v  $\alpha$ -celicah otočkov v pankreasu. Njegovo delovanje je v osnovi ravno obratno od delovanja inzulina. Povečuje stopnjo razgradnje glikogena v jetrih (glikogenoliza), s čimer dviguje raven glukoze v krvi. Spodbuja tudi nastanek glukoze iz prekursorjev, ki ne izhajajo iz ogljikovih hidratov (glukoneogeneza). Primarni stimulan za sekrecijo glukagona v kri je padec koncentracije glukoze v krvi. Med večino oblik vadbe koncentracija glukoze v krvi ne pade. Toda med dolgotrajnimi obremenitvami, ko se zaloge glikogena v jetrih zmanjšajo, se to lahko zgodi (hipoglikemija)« (Gleeson, 2005).



Slika 6: Lokalni uravnavni krog glukoze – glukagon (Lasan, 1996)

### 3.2.3. Delovanje kateholaminov

Kateholamini adrenalin in noradrenalin se izločata iz nadledvične žleze. Noradrenalin se izloča tudi iz živčnih končičev simpatičnega živčnega sistema. Kot kaže, je uhajanje iz teh sinaps glavni vir noradrenalina v krvni plazmi. Kateholamini imajo mnogo sistemskih učinkov v telesu, kot je stimulacija srčnega utripa, krčenje in spreminjanje v preseku krvnih žil. Vplivajo tudi na razpoložljivost substratov, pri čemer je učinek adrenalina pomembnejši. Adrenalin podobno kot glukagon spodbuja glikogenolizo v jetrih in mišičevju ter lipolizo v adipocitih in povečuje razpoložljivost prostih maščobnih kislin ter zavira sekrecijo inzulina. Primarni stimulan za sekrecijo kateholaminov so aktivacija simpatičnega živčnega sistema s pomočjo stresov, kot je vadba ali hipotenzija in hipoglikemija. Opazno povečanje v koncentraciji plazemskih kateholaminov se lahko pojavi že v nekaj sekundah po začetku vadbe pri visoki intenzivnosti (nad 50%  $VO_{2max}$ ) (povzeto po Gleeson, 2005).

### 3.2.4. Rastni hormon

Rastni hormon (RH) se izloča iz prednjega dela hipofize. Stimulira mobilizacijo prostih maščobnih kislin iz adipocitov pri nizki koncentraciji inzulina (med naporom). Povečanje v koncentraciji ravnega hormona pa je neposredno povezano z

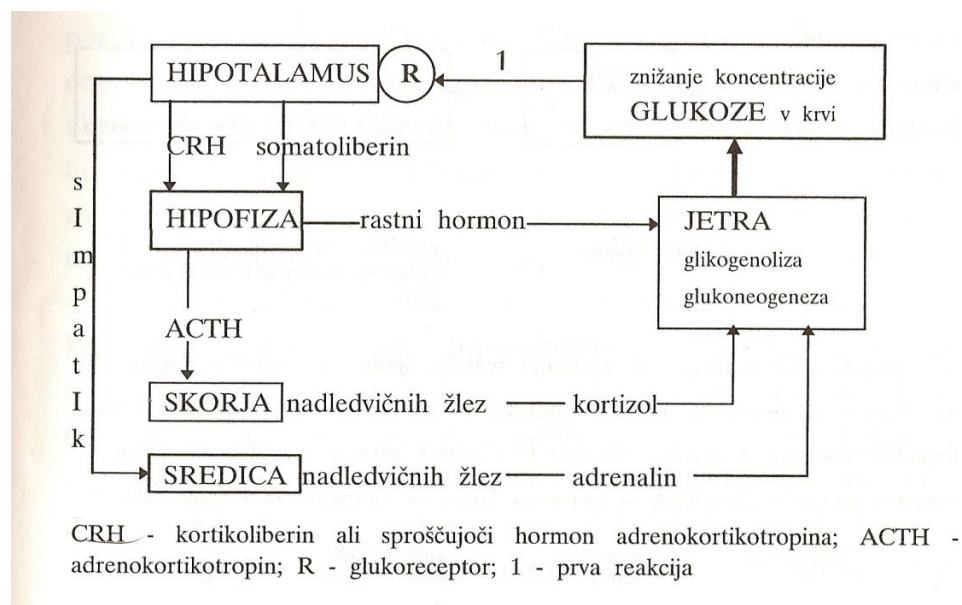
intenzivnostjo vadbe. Če je koncentracija inzulina visoka, je glavni anabolik proteina. Zelo je pomemben ponoči pri obnovi organizma (povzeto po Lasan, 1996).

### 3.2.5. Testosteron

Med telesnim naporom se zmanjša tudi koncentracija testosterona, s čimer je odstranjen tudi njegov antagonistični učinek kortizolu (testosteron je glavni anabolik beljakovin v mišičnih celicah). Posledica je nemoten vpliv kortizola na katabolizem mišičnih beljakovin, kar je pogoj, da ravno v teh mišicah najbolj aktivno poteka proces obnove. Zaradi tega je za nemoten potek obnove pomemben dovolj dolg odmor, da se vzpostavi novo hormonsko ravnovesje (povzeto po Lasan, 1996).

### 3.2.6. Kortizol

»Povečana aktivnost osi hipotalamus-hipofiza-skorja nadledvičnih žlez pa se kaže v povišani koncentraciji kortizola. Oba glavna stresna hormona adrenalin in kortizol pripravita organizem na večji energijski output« (Lasan, 1996). Kortizol je steroidni hormon, ki povečuje učinkovitost kateholaminov v nekaterih tkivih (lipoliza v adipocitih). Njegov glavni učinek pa je spodbujanje razgradnje beljakovin in sproščanje aminokislin iz mišic ter stimulacija glukoneogeneze v jetrih. Glavni impulz za sekrecijo kortizola je sproščanje adrenokortikotropnega hormona pod vplivom stresa iz prednjega režnja hipofize« (Gleeson, 2005).



Slika 7: Centralno uravnavanje glukoze (Lasan, 1996)

### 3.3. PREHRANSKI STATUS -PREHRANJENOST ŠPORTNIKOV

Spremljanje prehranskega statusa med trenajžno tekmovalnim procesom omogoča optimalno programiranje prehrane in trenajžnega procesa. Normalna prehranjenost je pogoj za dobro zdravje pa tudi za športno uspešnost. Telesna teža, telesna višina, kožne gube in sestava telesa služijo za oceno morfoloških značilnosti športnika in hkrati omogočajo oceno prehranskega statusa športnika.

Obstaja več možnih preiskav za oceno stanja prehranjenosti športnika (Dervišević, 2009):

- anamneza: način prehrane (vprašalnik);
- klinični pregled: prisotnost znakov neprimerne prehrane;
- antropometrija telesna teža, telesna višina, kožne gube (sestava telesa);
- laboratorij (hematologija, biokemija,...);
- imunobiološke preiskave.

#### 3.3.1. Anamneza: način prehrane

##### 3.3.1.1. Merjenje vnosa hranil

Z anamnezo poizkušamo ugotoviti primernost količine in zastopanost živil v prehrani ter primernost načina prehranjevanja.

Retrospektivna metoda (povzeto po Deakin, 1994):

- opis prehranjevanja v zadnjih 24 urah definira in kvantificira hrano, ki je bila zaužita v zadnjih 24 urah. Ni primeren za ugotavljanje običajnih prehranjevalnih navad;
- vprašalnik o pogostosti uživanja živil vključuje seznam živil in del, kjer posameznik lahko označi, kako pogosto jih uživa. Poleg živil je tudi podatek o količini;
- zgodovina prehranjevanja nudi neposredni vpogled v prehranjevalne prakse in se pogosto uporablja za ugotavljanje običajnega prehranjevanja.

Kadar potrebujemo natančnejše podatke, si lahko pomagamo tako, da si hrano stehtamo in zapišemo njen vnos.

#### Metode beleženja

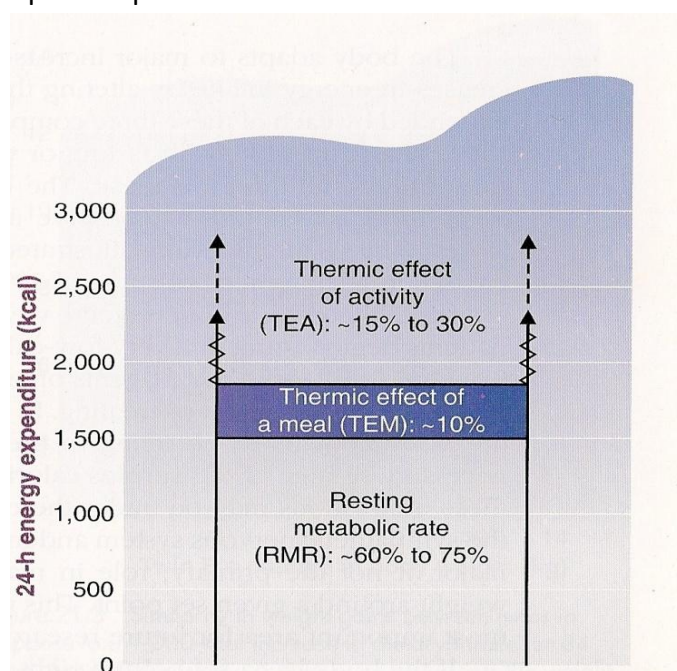
Najpogostejša metoda za ugotavljanje vnosa hranil je prav gotovo dnevnik prehrane. Pri tej metodi si zapisujemo vso zaužito hrano v določenem časovnem obdobju (po navadi 3-7 dni). Za bolj natančno oceno je potrebno hrano stehtati ali izmeriti in/ali shraniti deklaracijo z informacijami o izdelku in prepisati njene hranilne vrednosti.

Slaba stran metode je, da posamezniki pogosto spremenijo prehranjevanje v tem obdobju in je precej časovno potratna. Za dobro oceno je potrebno voditi dnevnik prehrane vsaj 3-14 dni. Pomembno je poleg vadbenih dni vključiti tudi proste dneve in vikende (Schlundt 1988. povzeto po Manore, 2005). Pri tem si lahko pomagamo tudi z računalniškimi programi (Genesis, Prodi,...), ki omogočajo izračun energijskega vnosa in deležev posameznih osnovnih sestavin živil v hrani in odstopanja od dnevno priporočenih količin ter sestavljanje jedilnikov.

### 3.3.1.2. Merjenje energijske porabe

Energijske vrednosti variirajo iz dneva v dan in so različne za vsakega posameznika (Pokorn, 1998). Energijsko porabo lahko merimo v laboratoriju (z metodo kalorimetrije ali dvojno stabilno markirno vodo) ali jo izračunamo s pomočjo predikcijskih enačb. Najpogosteje uporabljena metoda za ugotavljanje skupne dnevne porabe energije je zmnožek vrednosti BM, dobljene s pomočjo predikcijske enačbe in primerne faktorja aktivnosti. Večinoma pa so enačbe izdelane za neaktivno populacijo in ne športnike ali rekreativce.

Potrebe po energiji izhajajo iz bazalnega metabolizma, delovnega metabolizma (mišičnega dela), termogeneze po vnosu hranljivih snovi ter potreb za rast, nosečnost in dojenje. Podatki o priporočljivem energijskem vnosu se navajajo v megadžulih (MJ) in kilokalorijah (kcal) ( $1 \text{ MJ} = 239 \text{ kcal}$ ,  $1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ} = 0,004184 \text{ MJ}$ )« (Referenčne vrednosti..., 2004). Najpogosteje se srečujemo s prvimi tremi, zato bomo podrobneje opisali le prve tri.



Slika 8: Tri komponente energijske potrošnje (Wilmore in Costil, 1999)

### 3.3.1.2.1. Bazalni metabolizem (BM)

Bazalni metabolizem BM pomeni energijsko porabo organizma v stanju mirovanja in v termoneutralnem okolju. Je energijska poraba, potrebna za uravnavanje telesne temperature, prebavo, izločanje in delovanje organov in tkiv. (Dervišević in Vidmar, 2009) pišeta, da je odvisen od starosti, spola, telesne višine in telesne površine. Nanj lahko vplivajo še hormoni (tiroksin) klima, telesna temperatura in stres. Predstavlja 60-75% celotne dnevne energijske potrebnosti posameznika.

»Izračunamo ga lahko na več načinov (Dervišević in Vidmar, 2009):

- na osnovi porabe kisika v mirovanju in telesne teže,
- s telesno težo (kg), telesno višino (cm) in s starostjo,
- s telesno površino;«

Za izračun BM je poznana Cunninghamova metoda (1980), ki upošteva pustno telesno maso, ki jo izračunamo s pomočjo telesne mase in let (športniki so bili izločeni iz analize), Haris Benediktova formula (1919) in različne druge.

WHO je sprejela modificirano Haris Benediktovo enačbo, ki naj bi bila bližje dejanskim vrednostim BM.

Moški:	18-30 let:	$(15,4 \times TT) - (27 \times TV) + 717$
	31-60 let:	$(11,3 \times TT) + (16 \times TV) + 901$
	> 60 let:	$(8,8 \times TT) - (1,128 \times TV) - 1,071$
Ženske:	18-30 let:	$(13,3 \times TT) + (334 \times TV) + 35$
	31-60 let:	$(8,7 \times TT) - (25 \times TV) + 865$
	>60 let:	$(9,2 \times TT) + (673 \times TV) - 302$

TT = telesna teža, TV = telesna višina, S = starost

Za izračun telesne površine (TP):

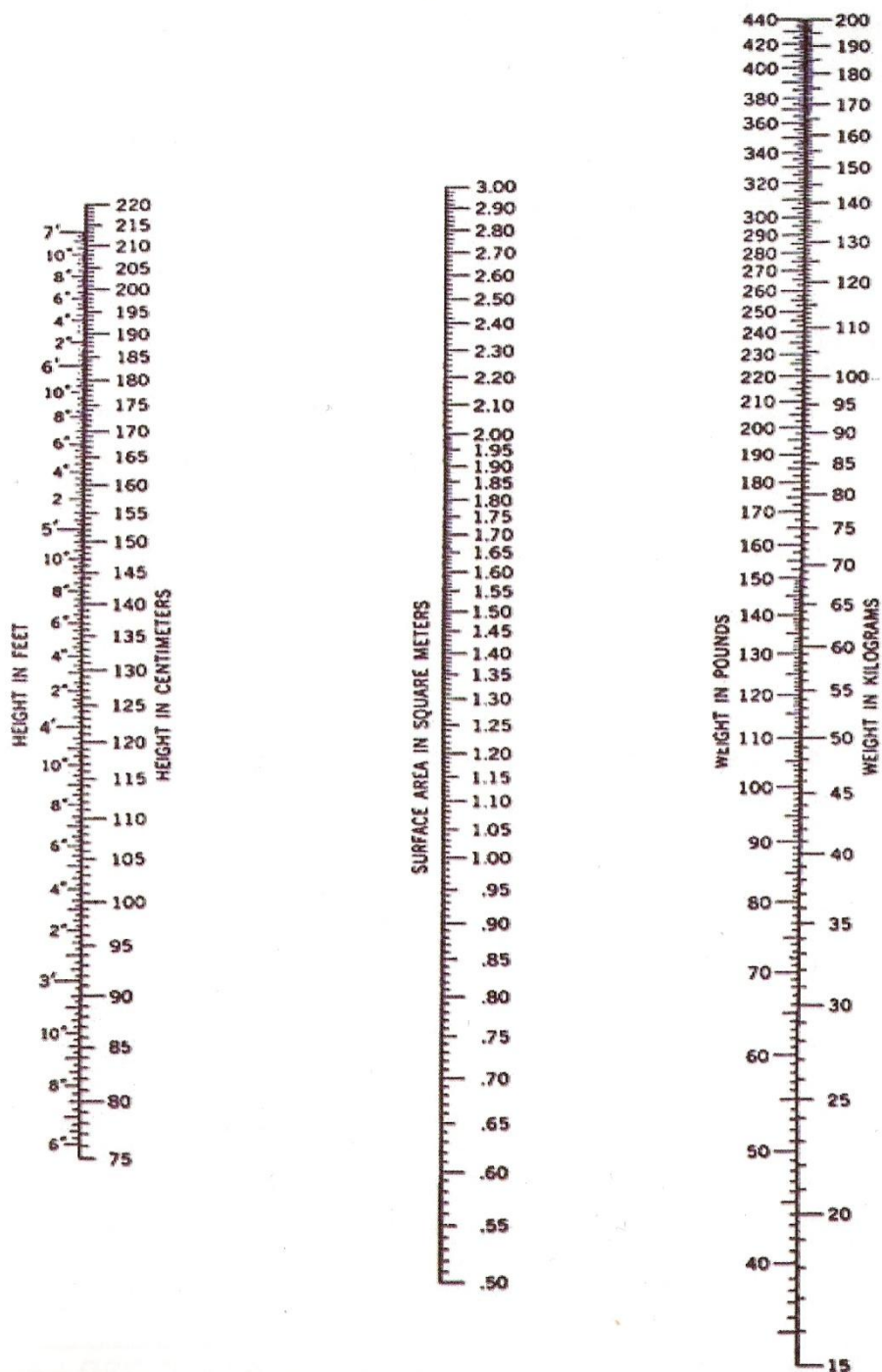
Enačba (Balke):

$$TP = 0,01672 \times \sqrt{TT} \times \sqrt{TV}$$

Enačba (De Bois):

$$TP = TT^{0,425} \times TV^{0,725} \times 0,00718$$

Lahko pa si pomagamo tudi z nomogramom, kjer dobimo telesno površino, če povežemo njego telesno višino z njego telesno težo (Dervišević in Vidmar, 2009).



**Slika 9:** Nomogram telesne površine (v m<sup>2</sup>)

Posameznikovo telesno površino dobimo, če povežemo njegovo telesno višino in težo z ravno črto (Dervišević in Vidmar, 2009)

Najzanesljivejše pa se BM določi s pomočjo indirektna kalorimetrije. Na osnovi porabe kisika v mirovanju (3,5 ml/kg/min – 1 MET) in telesne teže je ob predvidevanju, da liter kisika sprosti 5 kCal, mogoče izračunati kalorijsko vrednost metabolizma v mirovanju posameznika (Dervišević in Vidmar, 2009).

Analizatorji (kalorimetri) energijske porabe v mirovanju pri računanju upoštevajo fiziološko energijsko vrednost posameznih živil (zmanjšana za energijo, potrebno za presnovo).

Vrednosti BM znašajo okoli 1.400-2.000 kCal dnevno.

Okvirne vrednosti BM glede na TP:

Moški: BM = 170 kJ/m<sup>2</sup>/uro

Ženske: BM = 155 kJ/m<sup>2</sup>/uro

Okvirne vrednost BM glede na TT:

Moški: BM = 24 kCal/kgTT/dan ali 1 kCal/kgTT/uro

Ženske: BM = 20,4 kCal/kgTT/dan ali 0,9 kCal/kgTT/uro

(povzeto po Dervišević in Vidmar, 2009).

**Tabela 2:** Poraba energije za bazalni metabolizem (Pokorn, 1996)

Leta (starost)	Moški (kcal/dan)	Ženska (kcal/dan)
0 – 3	60,9 x teža – 54	61,0 x teža – 51
3 – 10	22,7 x teža + 495	22,5 x teža + 499
10 – 18	17,5 x teža + 651	12,2 x teža + 746
18 – 30	15,3 x teža + 679	14,7 x teža + 496
30 – 60	11,6 x teža + 879	8,7 x teža + 829
nad 60	13,5 x teža + 487	10,5 x teža + 596

Na to, kako se športnikov metabolizem odzove na zaužito hrano, naj bi vplivalo mnogo faktorjev, kot so genetska zasnova, spol, starost, kondicijska pripravljenost, občutljivost na inzulin ter pusta telesna masa, ki pojasnijo 80% variabilnosti pri BM (Manore, 2005). Člani družin imajo podoben BM, kar priča vplivu genetske zasnove na BM. Na splošno imajo moški višji BM kot ženske (okoli 10 %) predvsem zato, ker imajo večjo pusto telesno maso. Dokazano je tudi zmanjšanje BM s starostjo za približno 1-2% vsako dekada po dvajsetem letu (Keys s sod. 1983. v Manore, 2005). Dervišević pa celo navaja 3 % upadanje BM vsako desetletje po 20 letu.



Delovanje BM pa naj bi izboljšalo naslednje:

- pogosto uživanje majhnih količin hrane,
- povečana količina beljakovin v prehrani,
- začimbe (zeleni čaj),
- povečana termogeneza (povečanje telesne temperature): uživanje CLA (konjungirana linolejska kislina) (Dervišević in Vidmar, 2009).

Na BM pa vpliva tudi telesna aktivnost. Vadba lahko povzroči povečanje puste telesne mase, s čimer se poveča BM (Bogardus s sod. 1986, v Manore, 2005). Intenzivna telesna vadba pa lahko začasno poveča potrošnjo energije v mirovanju, še dolgo po tem, ko se je končala. To začasno povečanje potrošnje energije v mirovanju imenujemo »presežek porabe kisika po vadbi« (EPOC -excess postexercise oxygen consumption) in predstavlja porabljeno energijo v mirovanju, ki presega običajne vrednosti BM. EPOC je odvisen predvsem od trajanja in intenzivnosti vadbe (Bahr 1992, v Manore, 2005). Ta učinek je bil s strani istega avtorja opažen tako pri aerobni vadbi (70 %  $VO_{2max}$ , 80 min....15% povečanje), kot pri vadbi moči (90 min 5-10% povečanje) še 12 ur po vadbi. Na BM pa ima učinek tudi energijski pretok (fluks). Definiramo ga kot količino porabljene energije med vadbo glede na količino dnevno zaužite energije. Bullog s sod. (1995) je ugotovil, da je pri pozitivnem energetskega pretoku BM značilno višji kot pri negativnem (v Manore, 2005).

#### **3.3.1.2.1. Termogeneza obroka**

Termični učinek obroka predstavlja povečanje metabolizma v povezavi s prebavo, absorpcijo, transportom, metabolizmom in s shranjevanjem zaužite hrane.

»Predstavlja približno 6-10 % (Po Referenčnih vrednostih..., 8 – 10 %) celotne posameznikove dnevne energijske porabe. Pri ženskah je nekoliko nižji (pribl. 6-7 %) kot pri moških. Termični efekt obroka je odvisen tudi od sestave obroka. Termični efekt glukoze je okoli 5-10 % , maščob 3-5 % , medtem ko je zaradi večjih energijskih zahtev pri sintezi in presnovi beljakovin vrednost termogeneze po obroku 20-30 % « (Flatt, 1992. V Manore, 2005). Termogeneza po obroku narašča proporcionalno z velikostjo obroka. Ravno tako ima nekaj učinka tudi telesna aktivnost pred ali po obroku, vendar je ta zelo majhen (povzeto po Manore, 2005).

#### **3.3.1.2.2. Termični učinek pri dnevni aktivnosti**

Termični učinek pri dnevni aktivnosti predstavlja približno 15-30 % celotne dnevne energijske porabe posameznika. Pri zelo aktivnih posameznikih pa lahko doseže tudi 50 %. Energijsko potrošnjo pa lahko začasno povečajo tudi faktorji adaptivne termogeneze, kot so mraz, strah, stres, različna zdravila in drugo (Manore, 2005).

Izračun energijske porabe pri dnevni aktivnosti lahko opravimo po različnih metodah:

**Metoda 1:**

Najenostavnejša pot, po kateri lahko izračunamo skupno dnevno porabo energije je, da pomnožimo vrednost BM (po eni izmed zgoraj navedenih metod) s faktorjem dnevni aktivnosti. Natančnejša je metoda, ki upošteva faktor splošne aktivnosti, tj. vsakodnevne aktivnosti, kot so hoja, vožnja avtomobila, gledanje TV,... ter faktor specifičnih aktivnosti, tj. vadba (tek, plavanje vadba moči,...) pri določeni obremenitvi in trajanju. Za športne aktivnosti ali za druge naporene aktivnosti v prostem času (30-60 min, 4-5 krat na teden) se lahko dodatno na dan prišteje 0,3 enote PAL (physical activity level).

**Tabela 3:** Primeri za povprečno dnevno porabo energije pri različnih poklicnih dejavnostih in aktivnostih v prostem času pri odraslih (Referenčne vrednosti,....2004)

<b>Težavnost dela in preživljanja prostega časa</b>	<b>PAL<sup>1,2</sup></b>	<b>Primeri</b>
Izključno sedeč ali ležeč način življenja	1,2	Stari, betežni ljudje
Izključno sedeča dejavnost z malo ali brez naporene aktivnosti	1,4 – 1,5	Pisarniški uslužbenci, finomehaniki
Sedeča dejavnost, občasno tudi večja poraba energije za hojo in stoječe aktivnosti <sup>2</sup>	1,6 – 1,7	Laboranti, vozniki, študenti, delavci ob tekočem traku
Pretežno stoječe delo <sup>2</sup>	1,8 – 1,9	Gospodinje, prodajalci, natakarji, mehaniki obrtniki
Fizično naporno poklicno delo <sup>2</sup>	2,0 – 2,4	Gradbeni delavci, kmetovalci, gozdni delavci, rudarji, tekmovalni športniki

<sup>1</sup>PAL=(physical activity level) povprečne dnevne potrebe po energiji za fizično aktivnost kot večkratnik bazalnega metabolizma.

<sup>2</sup>Za športno udejstvovanje ali za naporene aktivnosti v prostem času (30 – 60 minut, 4 – 5-krat na teden) se lahko na dan doda še 0,3 enote PAL.

**Metoda 2:**

Zelo uporabna in precej natančna pa je tudi naslednja metoda, ki jo je predstavila International Sports Sciences Association (1996). Energijsko porabo enega izmed povprečnih dni izračunamo tako, da pomnožimo svoj BM ene ure glede na TT (Moški: BM = 24 kCal/kgTT/dan ali 1 kCal/kgTT/uro, Ženske: BM = 20,4 kCal/kgTT/dan ali 0,9 kCal/kgTT/uro) s stopnjo energijske potrošnje (Tabela 1) in s faktorjem telesne sestave (Tabela 2). Tako storimo za vsako izmed ur v dnevu in nato seštejemo rezultat.

**Tabela 4:** Faktor aktivnosti (Hatfield in McCullough, 1996)

Ženske	Moški	Opis aktivnosti
-22%	-20%	Spanje
-0,1%	0%	Ležanje popolnoma sproščeno, vendar v fazi budnosti.
180%	200%	Zelo lahke aktivnosti: sedenje, učenje, pogovor, malo hoje in podobno
270%	300%	Lahke aktivnosti: tipkanje, poučevanje, delo v laboratoriju ali trgovini, nekaj hoje,...
360%	400%	Zmerna aktivnost: hoja, lahkoten tek (joging), vrtnarjenje,...
450%	500%	Težka aktivnost: težko fizično delo, kot je kopanje, podiranje dreves, plezanje,...
540%	600%	Zelo težke aktivnosti: fitnes vadba z utežmi, aerobika, kolesarjenje ali podobne intenzivne aktivnosti
630%	700%	Šport: športna tekmovanja (nogomet, tenis in podobno)
720%	800%	Zelo intenziven trening : zelo intenzivna vadba z utežmi s kratkimi odmori med serijami in vajami
810%	900%	Dolgotrajen maksimalen napor: ekstremno visoko intenzivna in dolgotrajna športna tekmovanja kot je triatlon, tek na smučeh ali maraton,...

**Tabela 5:** Faktor telesne sestave (Hatfield in McCullough, 1996)

Faktor telesne sestave	Opis	Procent telesnega maščevja	Vrednost
1	Minimalna kol. maščevja	Moški 10%, Ženske 14%	100%
2	Normalna kol. maščevja	Moški 14%, Ženske 18%	95%
3	Prekomerna kol. maščevja	Moški 20%, Ženske 28%	90%
4	Debelost	Moški 28%, Ženske 38%	85%

Posameznikove dejanske potrebe po energiji je mogoče ocenjevati samo s kontroliranjem telesne mase (Referenčne vrednosti...,2004). Cilj ocene je čim natančneje ugotoviti posameznikov tipičen vnos hranil, kar nam pomaga pri ugotavljanju srednje vrednosti posameznikovega energijskega vnosa, sestave diete, pri svetovanju za izboljšanje prehranjevalnih navad, pri prilagoditvi energetskega vnosa in določitvi potrebe po dodatkih k prehrani.

### 3.3.2. Klinični pregled

Klinični pregled: - prisotnost znakov neprimerne prehrane (znaki hipovitaminoze, pomanjkanje vitaminov, mineralov, beljakovin,...)

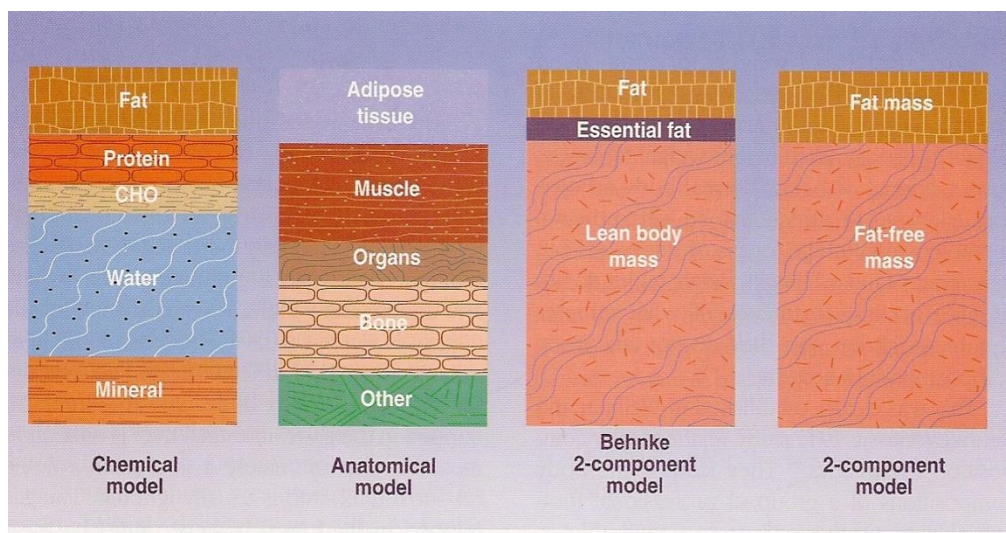
Namen kliničnega pregleda je odkrivanje kateregakoli zdravstvenega stanja ali fizioloških faktorjev, povezanih z vnosom, uživanjem hrane, prebavo in metabolizmom,

kroničnih bolezni, depresije, zdravil, ki vplivajo na absorpcijo hranil, driske, izguba apetita.... (Deakin, 1994).

### 3.3.3. Antropometrija

#### Telesna gradnja, telesne mere in telesna sestava

Športnikove telesne mere, gradnja in sestava igrajo pomembno vlogo pri določanju uspeha na športni poti. Prvotnega značaja je športnikova maščobna telesna masa in pusta telesna masa. Telesna gradnja se nanaša na morfološke značilnosti, torej obliko in strukturo telesa, kjer poznamo 3 glavne komponente: muskularnost, pusta telesna masa, maščobna telesna masa. Telesne mere se nanašajo bolj na telesno višino (TV) in telesno (TT) težo posameznika, medtem ko se pojem telesne sestave nanaša bolj na kemijsko sestavo telesa. Lahko jo pojmujejo kot različne bolj ali manj poenostavljene kemijske ali anatomske komponente (Willmore in Costill, 1999).



**Slika 10:** Štirje modeli telesne sestave (Willmore in Costill, 1999)

Zdravstvena kategorizacija deleža maščevja v telesu odraslih (Drevišević, 2009):

- povprečen:    moški 15-18 %,       ženske 22-25 %,
- minimalen:    moški 5 %,             ženske 12 %,
- prevelik:     moški 25 %,            ženske 32 %.

Za posamezne športe je zaželen (optimalen) odstotek telesnega maščevja različen. Mackenzie (2005) navaja naslednjo tabelo optimalnih vrednosti odstotka telesnih zalog maščob za športnike posameznih panog.

**Tabela 6:** Tabela optimalnih vrednosti odstotka telesnih zalog maščob za športnike posameznih panog (Mackenzie, 2008)

Šport	Moški	Ženske
Baseball	12-15%	12-18%
Košarka	6-12%	20-27%
Kolesarjenje	5-15%	15-20%
Hokej na travi in na ledu	8-15%	12-18%
Veslanje	6-14%	12-18%
Plavanje	9-12%	14-24%
Atletika – Tek	8-10%	12-20%
Atletika – Skoki	7-12%	10-18%
Atletika – Meti	14-20%	20-28%
Triatlon	5-12%	10-15%
Odbojka	11-14%	16-15%

### 3.3.3.1. Ugotavljanje telesne mase

Telesno težo (maso) ugotavljamo s tehtanjem na tehtnici. Telesna teža je odvisna od telesne višine, spola, starosti in telesne konstitucije. Idealna teža je orientacijska vrednost v oceni stanja prehranjenosti. Izračunamo jo s pomočjo določitve normalne telesne teže.

Brocca normalno telesno težo (NTT) določa takole:

$$NTT = (TV - 100)$$

Idealna telesna teža (IT) po Brocci:

$$\text{Moški: } IT = (TV - 100) - (TV - 100) / 10$$

$$\text{Ženske: } IT = (TV - 100) - (TV - 100) / 6,6$$

Idealna telesna masa (IT) po Demolu (od 20 – 50 let):

$$\text{Moški: } IT = (TV - 100) - ((TV / 4 - 150 / 4) + (A / 4 - 20 / 4))$$

$$\text{Ženske: } IT = (TV - 100) - ((TV / 2,5 - 150 / 2,5) + (A / 4 - 20 / 4))$$

A = starost v letih, TV = telesna višina v cm. Pri starejših od 50 let vsako leto odštejemo 0,5 %.

Obstajajo tudi tabele za določitev idealne telesne teže, kjer poleg TV in spola upoštevajo še konstitucijo. Konstitucija je določena glede na obseg zapestja.

**Tabela 7:** Obseg desnega zapestja in konstitucija (Dervišević in Vidmar, 2009)

Obseg desnega zapestja	Konstitucija
do 16	nežna
16–20	srednja močna
nad 20	močna

**Tabela 8:** Tabela za določitev idealne telesne teže za moške (Dervišević in Vidmar, 2009)

TELESNA TEŽA V KILOGRAMIH (MOŠKI)			
Višina (v cm)	nežnih kosti	srednje močnih kosti	močnih kosti
160	52,2–55,8	54,9–60,3	58,5–65,3
162	53,2–56,9	55,9–61,4	59,6–66,7
164	54,3–57,9	57,0–62,5	60,7–68,2
166	55,4–59,2	58,1–63,7	61,7–69,6
168	56,5–60,6	59,2–65,1	62,9–71,1
170	57,9–62,8	60,7–66,6	64,3–72,9
172	59,4–63,4	62,1–68,3	66,0–74,7
174	60,8–64,9	63,5–69,9	67,6–76,2
176	62,2–66,4	64,9–71,3	69,0–77,6
178	63,3–68,2	66,4–72,8	70,4–79,1
180	65,1–69,6	67,8–74,5	71,9–80,9
182	66,5–71,0	69,2–76,3	73,6–82,7
184	67,9–72,5	70,7–78,1	75,2–84,5
186	69,4–74,0	72,1–79,9	76,7–86,2
188	70,8–75,8	73,5–81,7	78,5–88,0
190	72,2–77,2	75,3–83,5	80,3–89,8

V pomoč nam je lahko tudi relativna telesna teža (RTT), ki pomeni razmerje med dejansko in idealno telesno težo, izraženo v odstotkih.

$$RTT = (\text{dejanska TT} / \text{povprečna IT iz tabele}) \times 100$$

(povzeto po Dervišević, 2009)

### 3.3.3.2. Indeks telesne mase (ITM)

»Posameznikova telesna masa je odvisna od telesne višine, telesne gradnje (konstitucije), spola in starosti. Stanje prehranjenosti merimo in izražamo na različne načine, na primer relativno telesno maso, deležem telesnega maščevja ali indeksom telesne mase (ITM). Indeks telesne mase pomeni razmerje med telesno težo (v kilogramih) in kvadratom telesne višine (v metrih). ITM je primeren kazalnik

prehranjenosti za moške in ženske od 20 do 65 let, ne pa za otroke, mladostnike in starejše, ker je delež mišičevja pri njih drugačen« (Maučec Zakotnik, 1997).

Enačba za izračun ITM:

$$\text{ITM} = \text{TT}[\text{kg}] / \text{TV}^2[\text{m}]$$

Mednarodna zdravstvena organizacija navaja lestvico stanja prehranjenosti. Stanje prehranjenosti – ITM [kg/m<sup>2</sup>]

**Tabela 9:** Tabela ITM, WHO, BMI Classification, (2011)

<b>PODHRANJENOST</b>	<b>&gt;18,49</b>
huda podhranjenost	<16,0
zmerna podhranjenost	16,0 - 16,99
mila podhranjenost	17,0 - 18,49
<b>NORMALNA PREHRANJENOST</b>	<b>18,5 – 24,49</b>
normalna prehranjenost	18,5 – 24,49
<b>PREKOMERNA PREHRANJENOST</b>	<b>25,0 – 29,99</b>
prekomerna podhranjenost	25,0 – 29,99
<b>DEBELOST</b>	<b>&gt;30,0</b>
debelost I. stopnje	30,0 – 34,99
debelost II. stopnje	35,0 – 39,99
debelost III.	40.0 in več

Pomanjkljivost ITM je neupoštevanje telesne sestave in konstitucije, zato ni zanesljiv za oceno hranjenosti pri otrocih, starejših, športnikih ter nosečnicah. Pogosto se ITM kombinira tudi z obsegom trebuha in kolkov.

### 3.3.3.3. Ocena telesne sestave s pomočjo kožnih gub

Najenostavnejša je prav gotovo metoda izračuna telesnega maščevja na podlagi tehtanja in izmer kožnih gub. Na voljo imamo več izborov kožnih gub, ki so po navadi različni za moške in ženske.

V praksi je najbolj poznana metoda po Durninu, kjer se iz tabel odčita odstotek telesnega maščevja v skupni telesni teži (po spolu in starosti) na podlagi štirih kožnih gub:

- nad bicepsom pri viseči roki,
- nad tricepsom pri viseči roki,
- pod lopatico in
- nad kristo iliako (črevnični greben medenice) v srednji aksilarni liniji.

Teste moramo izvajati vedno po enakem protokolu, da zagotovimo primerljivost rezultatov. Tudi inštrument (kaliper) mora biti ustrezno umerjen (stalen pritisk 10 g/mm<sup>2</sup>), postopek mora biti korektno opravljen.

Protokol antropometrijskih meritev (Bravničar, 1990):

- pravilno določimo mesto merjenja kožne gube. Lahko ga tudi označimo s pisalom, da ob ponovnem merjenju ni potrebno še enkrat iskati pravega mesta;
- tik nad mestom merjenja ali ob mestu merjenja s palcem in kazalcem leve roke primemo kožno gubo. Pri tem pazimo, da čim bolj ločimo kožo s podkožjem od mišic;
- ob nastalo kožno gubo pravokotno nastavimo vrhova krakov kaliperja. Pri tem pazimo, da ju ne postavimo ob bazo gube, temveč le tako globoko, da zajameta obe kožni plasti;
- ko je instrument pravilno nameščen, rahlo popustimo prijem prstov leve roke, tako da debelino kožne gube določi sila vzmeti kaliperja;
- rezultat odčitamo v prvih dveh sekundah z natančnostjo, ki jo dopušča instrument;
- vsako meritev trikrat ponovimo in upoštevamo srednjo vrednost.

Merjenje kožnih gub pa je možno še z nekaterimi drugimi metodami, kot je s pomočjo infrardečih žarkov in bioelektrično impendanco.

S pomočjo dobljenega odstotka telesnih maščob in telesne teže (TT) lahko izračunamo pusto telesno maso in skupno maso telesnega maščevja.

#### **3.3.3.4. Druge metode**

Obstajajo še druge metode za oceno strukture telesa: podvodno hidrostatično tehtanje, denziometrija, bioelektrična impendanca, pletizmografija, računalniška tomografija, magnetna resonanca z različno stopnjo zanesljivosti (Baumgartner s sod., 1990, Houtkooper, Scott, 1994, Katch in Katch, 1984, Katch in Katch, 1983 v Dervišević, 2009).

Idealno telesno težo, delež telesne maščobe, mišic, kosti in vode pa lahko ocenimo tudi s pomočjo analizatorjev telesne teže (tehtnica Tanita, Futrex, Cosmed-fitmate, Gaia 359, Zeus 9,9, BF 906, Bioscan 916 Analyser,...).



### **3.3.3.5. Laboratorij (hematologija, biokemija,...)**

Z analizo krvi lahko ugotavljamo pomanjkanje nekaterih snovi v prehrani (vitamini minerali,...) pa tudi prevelike količine (vitamini, maščobe,...). Za relevantne rezultate mora biti opravljen odvzem krvi na tešče (Dervišević, 2009).

### **3.3.4. Imunobiološke preiskave**

## **3.4. HRANA – ŽIVILA**

Hrana v obliki različnih živil (hranil) je kemična energija, ki v procesu presnove zagotavlja organizmu potrebno energijo za vzdrževanje stalne telesne temperature (toplotna energija) in energijo za opravljanje telesnih aktivnosti (mehanska energija), pri čemer se večina energije sprosti v obliki kemične energije (približno 70%) in le okoli 30% te energije se porabi za telesno aktivnost (Dervišević in Vidmar, 2009).

Energijsko vrednost hranil izražamo v kalorijah ali džulih. Kalorija pomeni energijo, ki je potrebna da segreje 1 l vode za 1 °C –iz 14 na 15°C.

1 kCal = 4,186 kJ

1 kJ = 1000J

1 kJ = 0,239 kCal

En liter kisika (O<sub>2</sub>) v presnovi sprosti približno 5 kCal (kalorijski ekvivalent kisika) (Dervišević in Vidmar 2009).

Živila so sestavljena iz enakih osnovnih sestavin, ki pa so v različnih deležih. Pri tem imajo različna hranila različne energijske in hranljive gostote. Energijska gostota se nanaša na količino energije, na težo ali volumen. Hranljiva gostota pa se nanaša na količino hranila v povezavi z energijo (g/10 MJ).

Osnovne sestavine hrane – živil:

- ogljikovi hidrati (OH),
- beljakovine (B),
- maščobe (M),
- vitamini (V),
- rudnine -minerali (R),
- voda (Dervišević in Vidmar 2009).

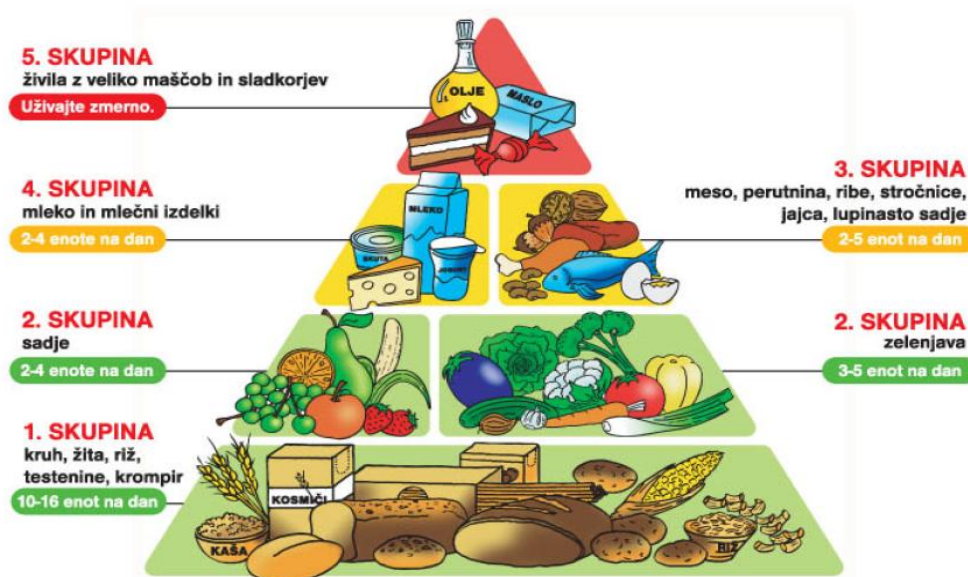
## **3.5. ZDRAVA PREHRANA**

Pod pojmom zdrave prehrane nam bodo predvsem starejši ljudje znali povedati veliko o zmernosti in raznovrstnosti. Vključili pa bodo najverjetneje kako čudežno živilo, ki jim

je pomagalo dolgo časa ohraniti zdravje in vitalnost. Tudi dr. Pokorn omenja zmernost v prehrani kot ključno pri vzdrževanju zdravja. Kljub temu pa stradanje, še brez objektivnih znakov pomanjkanja hranil, zmanjša delovno sposobnost in voljo do dela. Dolgotrajno pomanjkanje hrane pa lahko v skrajnih primerih pripelje celo do bolezni in smrti. Podoben negativen vpliv na zdravje ima seveda tudi prekomerna hranjenost. Že brez kakršnega koli znanja o prehrani lahko mirno zatrdimo, da je za nekoga zdrava prehrana tista, ki najbolje podpre delovanje njegovega telesa. To je tista prehrana, ki vsebuje vsa potrebna hranila za optimalno delovanje posameznikovega telesa in seveda čim manj škodljivih in nepotrebnih snovi, ki organizem obremenjujejo ali celo zastrupljajo (Kozjek, 2007).

»Pomen prehrane za vzdrževanje optimalne psihofizične kondicije se kaže zlasti v naslednjih treh smereh: vzdrževanje optimalnega energijskega in hranilnega ravnotežja oziroma ritma prehrane, primerno razmerje energijskih hranil in energijska gostota hrane« (Pokorn, 1998).

Mnoge nacionalne vladne in nevladne organizacije, ki se ukvarjajo s pomenom zdrave prehrane, so smernice strnile v prehranski piramidi.



Slika 11: Uravnotežena prehranska piramida (CINDI)

**Tabela 10:** Vrednosti – normativi po skupinah živil (CINDI)

Skupine	Količina	Kaj sodi v to skupino?	Glavne hranilne snovi	Priporočila
1.	1 enota	Škrobna živila	OH, vlaknine, nekaj kalcija in železa, vitamini iz skupine B	Pol kosa kruha, 2 veliki žlici kuhanega riža, kaše testenin, 3 velike žlice fižola, graha; priporočljivi so polnozrnatni izdelki z vlakninami
2.	1 enota	Sadje in zelenjava	Vitamin C, folna kislina, karoteni, vlaknine, OH	1 srednje velik sadež ali pol velikega sadeža (banana grenivka,...) 1 dl sadnega ali zelenjavnega soka, 1 solatni krožnik
3.	1 enota	Mleko in mlečni izdelki	Kalcij, beljakovine, vitamini B12, A, D	2 dl mleka ali jogurta (1,6 % maščobe ali 0,5), 1 košček sira v velikosti škatlice za vžigalice, 3 žlice puste skute
4.	1 enota	Meso in mesni izdelki	Beljakovine, železo, vitamini B, zlasti B12, cink, magnezij	Pol manjšega zrezka, pol srednje velike ribe, pol hrenovke, 1 jajce
5.	1 enota	Maščobna in sladka živila	maščobe, esencialne maščobne kisline, vitamini, sol, sladkor, rudnine	Manj mastni izdelki in zamenjave zanje ter sladki izdelki

Ogibati se je treba pogostemu uživanju

- maščobnih živil in sladkih živil,
- mastnemu mesu in mesnim izdelkom,
- polnomastnemu mleku in mlečnim izdelkom,
- dodajanju mastnih in sladkornih polivk (maslo, margarina smetana,...,glazura, sirup, čokolada...) na zelenjavne in druge jedi,
- cvrtju,
- presoljeni hrani.

Če na kratko povzamemo prehransko piramido, ta pomeni, da moramo povečati količino zaužite zelenjave, sadja, škrobnih živil, vlaknin in zamenjati mastno meso in mesne izdelke ter mleko za manj mastne.

Potrebo po kalorijah določajo:

- spol: ženske potrebujejo manj energije kot moški,
- starost: starejši ljudje potrebujejo manj energije kot mladostniki in mladina,
- čezmerna telesna teža: če želimo doseči normalno telesno težo, dnevno potrebo po energiji bistveno zmanjšamo,
- telesna dejavnost: čim bolj smo telesno dejavni, tem več energije potrebujemo.

V kolikor želimo jesti zdravo, moramo preveriti iz česa sestojijo jedi in jih prilagoditi tako, da ustrezajo priporočenim razmerjem. Pomembno je tudi vedeti, da dodatki k prehrani ne morejo nadomestiti zdrave prehrane. S pestro in uravnoteženo prehrano večina ljudi zaužije vse snovi, ki jih potrebuje.

Ključnega pomena za zdravje je tudi ustrezen vnos tekočin. Priporoča se 6 do 8 kozarcev dnevno, najbolje vode. Izogibati se moramo sladkim napitkom, ki so vir kalorij in okvarijo zobe. Prekomerno uživanje alkohola ima negativne posledice na zdravje in je bogat dodaten vir kalorij. Pomembno je, da alkoholnih pijač ne uživamo vsak dan in da ne presežemo dveh enot (1 enota je 1 dl vina, 2,5 dl piva ali 0,3 dl žgane pijače ali likerja).

Hrano pripravljamo na zdrav način in higiensko neoporečno. Lahko jo kuhamo, dušimo, pečemo, izogibamo pa se cvrtju. Vsekakor pa je pomembno tudi, da v jedi uživamo (povzeto po CINDI).

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano označuje kot varno tisto živilo, ki po pripravi in zaužitju ne povzroči bolezni oziroma ne ogroža zdravja ljudi. V letih od 2002 do 2005 je EU v mozaik varne hrane dodala predpis, imenovan kot **Splošni zakon o živilih**, s katerim se trudi zaščititi pravico državljanov do neoporečne in zdrave hrane.

### 3.5.1. Prehrana danes

Še nikoli v zgodovini človeštva ni bilo tako lahko priti do hrane, vsaj v zahodnem svetu. V zadnjih 20 letih je tudi pri nas zraslo ogromno število nakupovalnih centrov, ki ponujajo vse, kar nam srce poželi. V poplavi različnih izdelkov se je težko odločiti, kaj dati v nakupovalni voziček, da bomo zadostili svojim potrebam. Embalaže izdelkov so polne zdravstvenih trditev, ki so po navedbah Zveze potrošnikov Slovenije (ZPS) v večini zavajajoči. Pogosto je tako tudi na policah z zdravimi bio, organskimi živili. Neosveščen kupec bo nasedel izjavam, da neko živilo regulira telesno težo ali

preprečuje izpadanje las,... Poplava predelanih živil obljublja čudeže in stavijo na minimalne količine dodatkov, ki zvenijo ohrabrujoče, a učinkujejo le na hitrost izgube debeline denarnice. Drugo, na kar stavijo, je dober okus izdelka. Tretje pa, da večina ljudi nima dovolj znanja, da bi ločila zrnje od plev. Po svoje je ta industrija verjetno »kriva« za zmanjšanje lakote v svetu. A večina te predelane hrane po mnenju Greenpeace-ovih strokovnjakov nima pozitivnega vpliva na zdravje, saj obilo barvil, konzervansov in drugih aditivov povzroča alergične reakcije in nekatera tudi resnejša obolenja in bolezni. Včasih pa se zgodi tudi, da je kupec izpostavljen oporečni hrani, ne da bi za to vedel (primer: dioksin v perutnini in jajcih). Strah kupcev pa zbuja tudi gensko pridelana hrana, ki je po trditvah proizvajalcev bolj zdrava za ljudi in cenejša ter odpornejša za pridelavo. »Alternativci« pravijo, da bomo zaradi navedenega kmalu umirali za polnimi krožniki. Katerim raziskavam verjeti, je težko presoditi. Vsemu temu pa se je mogoče izogniti tako, da se izogibamo »zdravim« predelanim živilom in preprosto uživamo hrano, ki je v veliki meri znanega izvora (iz lastnega vrta, ekološke kmetije,...) in je kar se da nepredelana. Le-ta je pogosto tudi manj kalorična in vsebuje manj energije, a je bogatejša z vitamini, minerali in drugimi mikroelementi.

### **3.5.2. Prehrana kot podpora športni vadbi in kontroli telesne mase (TM) 1**

Vedno znova poudarjamo, da je za športnika, vrhunškega in rekreativnega, zdrava osnovna prehrana najpomembnejša. Brez uravnotežene in kakovostne dnevne prehrane imajo tudi vsi prehranski nadomestki in prehranska dopolnila (dodatki) le skromen učinek; lahko so celo škodljivi. Športna prehrana je torej samo nadgradnja kakovostne osnovne prehrane (Kozjek, 2007). Ne glede na to, ali smo le rekreativci, pa za nas veljajo enake osnovne zakonitosti pri prehranjevanju v funkciji zdravja. Vrhunski športniki pa se morajo še v večji meri posvetiti prehrani, ki učinkovito podpira zahteve vadbe in tekmovanj. »Odločilnega pomena je, da športniki in trenerji razumejo, kako določiti primeren energijski vnos in distribucijo energijskih substratov za optimizacijo mentalnih in mišičnih funkcij« (Benardot, 2006).

Model optimalne telesne sestave je različen pri različnih športih. V mnogih športih se tekmovalci srečujejo tudi s problemom zmanjšanja telesne teže. Najbolje je, kadar to storimo na račun telesnih maščob do zdrave meje, ki omogoča normalne telesne funkcije in optimalno počutje ter sposobnosti. Izguba telesnih maščob je na videz zelo enostavna. »Bistvo zmanjševanja telesne teže je energetsko neravnovesje (večja poraba energije kot vnos)« (Dervišević, 2009). Vendar vse ni tako lahko. »Preden se posameznik loti hujšanja (izgubljanja maščobnih zalog), si mora izdelati dober plan, da se izogne neproduktivnim metodam« (Manore, 2005).

»Program izgube telesnih maščob mora zagotoviti dovolj energije za izvedbo treninga. Pri energijsko preveč restriktivni dieti ne gre brez tveganja poškodb, izgube puste

telesne mase, slabših rezultatov, občutkov pomanjkanja in končnega neuspeha. Za učinkovito izgubo teže si moramo vzeti dovolj časa. V program moramo vključiti aerobni trening in trening moči, če še ni del siceršnjega treninga. Program mora vsebovati močno izobraževalno komponento (o prehrani,...)« (Manore, 2005). »Zmanjševanje telesne teže mora biti zmeraj postopno, še posebej to velja za športnike. S hitrim hujšanjem, več kot pol do en kilogram na teden, zmanjšamo vadbene učinke in telesne sposobnosti. Z drastičnimi oblikami hujšanja lahko resno ogrozimo svoje zdravje« (Kozjek, 2004).

### **3.6. Pomen makrohranil pri kontroli telesne mase**

Kot organske snovi je treba v prvi vrsti omeniti beljakovine (B), maščobe (M), ogljikove hidrate (OH) in alkohol (A), ki jih s hrano vsak dan vnašamo v količinah do več 100 gramov. Samo nekateri sestavni deli organskih snovi, npr. nekatere aminokislino ali maščobne kisline, so življenjsko pomembni, večina pa služi kot vir energije (Referenčne vrednosti..., 2004). V optimalni dieti za večino športov naj bi ogljikovi hidrati (OH) prispevali 60-70 % skupnega energijskega vnosa in beljakovine okoli 12 %, ostanek pa prispevajo maščobe (Williams in Devlin, 1992).

V referenčnih vrednostih za vnos hranil (2004) je za odrasle ljudi priporočljivo uživati 8-10 % beljakovin in 25-30 % maščob, ostanek 60-72 % pa naj bi dobili z ogljikovimi hidrati.

**Tabela 11:** Osnovne funkcije energijskih substratov (Benardot, 2006)

Ogljikovi hidrati (4kCal/g)	Energija in gorivo za mišice (iz škroba, sladkorjev in glikogena) Kontrola holesterola in maščob (iz dietnih vlaknin) Pomoč pri prebavi (iz dietnih vlaknin) Absorbcija hranil in vode (iz sladkorjev)
Beljakovine (4kCal/g)	Vir energije (pri pomanjkanju OH) Dostava esencialnih amino kislin (AK, ki jih telo potrebuje, a jih ne more proizvesti) Ključne za izgradnjo novega tkiva (pomembno za rast in obnovo poškodovanega tkiva) Ključne za vzdrževanje obstoječega tkiva (pomoč pri kontroli običajnih obrab in natrganin) Osnovna substanca pri proizvodnji encimov, protitelesc in hormonov Ravnovesje tekočin (pomaga kontroli vode znotraj in zunaj celic) Nosilke substanc v krvi (transport vitaminov, mineralov in maščob v celice in izven le-teh)
Maščobe (9kCal/g)	Dostava v maščobah topnih vitaminov (A, E, D in K) Dostava esencialnih maščobnih kislin (maščobnih kislin, ki jih telo potrebuje, a jih ne more proizvesti) Energija in gorivo za mišice (pri nizki pri aktivnostih nizke intenzivnosti) Kontrola sitosti (pripomore k občutku sitosti) Sestavina mnogih hormonov

### 3.6.1. Beljakovine

Beljakovine so osnovna dušikova sestavina protoplazme vseh živalskih in rastlinskih tkiv in predstavljajo skoraj polovico suhe teže živalske celice. Sestavljene so iz ogljika, vodika, kisika in dušika, v nekaterih beljakovinah je prisotno tudi žveplo (Millward, 2005). Beljakovine so nujne v sintezi telesnih tkiv in regulatornih proteinov (Bhutta, 2005). Osnovna strukturna enota beljakovin so aminokislina, za katere je značilna amino (-NH<sub>2</sub>) skupina ter karboksilna (-COOH) skupina. Dušik tako predstavlja 16 % celotne teže beljakovine. V naravi se največkrat nahajajo kot L-aminokislina, ki so med seboj povezane s peptidno vezjo. Enote dveh ali treh aminokislina se imenujejo dipeptidi oziroma tripeptidi, če se poveže več aminokislina pa nastane polipeptid. Aminokislina, kot osnovni gradniki beljakovin, lahko nastajajo iz drugih aminokislina (to so neesencialne aminokislina), medtem ko nekatere lahko človeško telo zagotovi le s hrano (esencialne). Oboje pa imajo enakovredno vlogo v procesu metabolizma v človeškem telesu (Bhutta, 2005).

Glede na funkcijo so aminokislina razdeljene na:

- esencialne, ki jih organizem ne more sintetizirati, zato morajo biti vnesene s hrano. Pri odraslih je esencialnih osem aminokislina (izolevcin, levcin, fenilalanin, lizin, metionin, treonin, triptofan in valin). Pri otrocih pa sta esencialni tudi aminokislina taurin in cistein. Histidin je esencialen le v prvih mesecih življenja;
- neesencialne aminokislina lahko organizem sintetizira sam;
- semi-esencialni aminokislina sta tirozin in cistein. Ti aminokislina lahko organizem sintetizira iz fenilalanina in metionina, ki ju pridobi s hrano (Guarnieri in sod., 2001).

**Tabela 12:** Prehranske aminokislina (Guarnieri in sod., 2001)

Esencialne	Semi-esencialne	Neesencialne
fenilalanin (Phe)	cistein (Cys)	asparaginska kislina (Asp)
izolevcin (Ile)	taurin (Tau)	glutamat (Glu)
histidin (His)	tirozin (Tyr)	alanin (Ala)
levcin (Leu)		arganin (Arg)
lizin (Lys)		asparagin (Asn)
metionin (Met)		glicin (Gly)
treonin (Thr)		glutamin (Gln)
triptofan (Trp)		prolin (Pro)
valin (Va)		serin (Ser)



Beljakovine se v telesu shranjujejo kot strukturno pomembne molekule (strukturni proteini, encimi, receptorji, kontraktilni proteini,...). So najpomembnejše za gradnjo različnih tkiv, pri nastajanju hormonov in encimov, torej jih je potratno uporabljati kot gorivo. Proteini zagotavljajo 4 kcal na gram, kar je enaka količina energije kot pri ogljikovih hidratih (Benardot, 2006).

Koriščenje beljakovin je na splošno obravnavano s terminoma prebavljivost (stopnja vnosa hrane, ki je po prebavi in absorpciji na voljo organizmu), in biološka vrednost (stopnja, s katero opisujemo, kako dobro se profil absorbiranih beljakovin ujema s potrebami) (WHO, 2007).

Biološka vrednost je število, ki nam pove, koliko beljakovin se sintetizira iz 100 g prebavljenih beljakovin. Živila, ki imajo beljakovine z visoko biološko vrednostjo, so predvsem živila živalskega izvora. Prav tako pa je mogoče z različno kombinacijo živil povečati biološko vrednost (Bangsbo, 2005). Biološka vrednost beljakovin, ki tudi kaže na delež zadržanega dušika beljakovin v organizmu po zaužitju hrane, določa potrebno količino posameznih vrst beljakovin v dnevni prehrani (Pokorn, 2003).

**Tabela 13:** Biološka vrednost beljakovin (BV) – Net Protein Utilization (NPU)  
(v Dervišević in Vidmar, 2009)

<b>Živilski vir beljakovin</b>	<b>Biološka vrednost beljakovin</b>
Mleko	82 – 85 %
Predelana sirotka	95 - 100 %
Kazein	76 – 77 %
Celo jajce	94 %
Soja	62 – 72 %
Riba	76 %
Meso	65 – 75 %
Stročnice	50 – 60 %
Žita	50 – 60 %

Beljakovine najdemo v hrani živalskega in rastlinskega izvora, pri čemer imajo živalske prednost, ker so odličen vir vseh esencialnih aminokislin in jim pravimo kompletne beljakovine. Rastlinskim virom beljakovin večinoma primanjkuje ena ali več aminokislin, zato so nekompletne beljakovine (Summerfield, 2001).

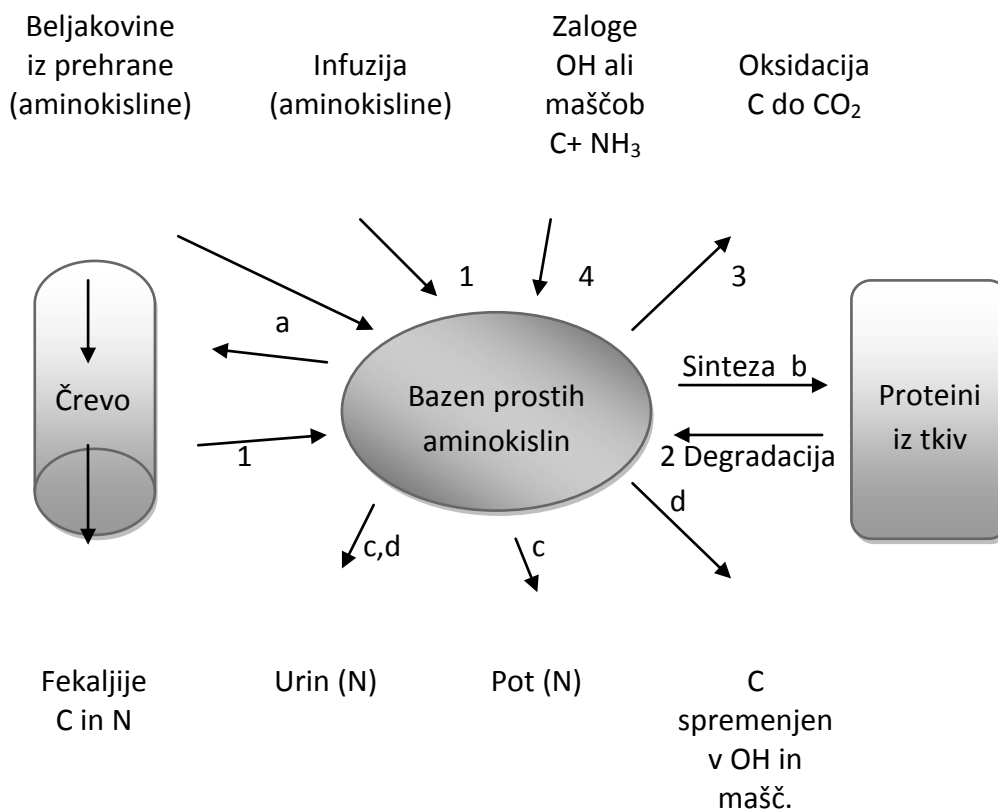
### **3.6.1.1. Pomen beljakovin v energijski presnovi**

Telo približno 70 kg težkega odraslega moškega sestavlja približno 12 kg beljakovin (polimeri aminokislin) in 200-220 g prostih aminokislin. V telesu nenehno poteka razgradnja in obenem sinteza beljakovin, zato med tema dvema rezervoarjema nenehno poteka izmenjava. Skeletne mišice tvorijo okoli 40-45 % telesne teže (7 kg

beljakovin). Približno 120 g prostih aminokislin se nahaja znotraj celic skeletnih mišic, le 5 g je prisotnih v krvnem obtoku (Wagenmakers, 2005).

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

S fiziološkega stališča lahko obstajajo le tri poti, po katerih lahko aminokislino vstopijo v prosti (energijski) bazen (s prebavo beljakovin, vnesenih s prehrano, z razgradnjo beljakovin iz tkiv ali iz neesencialnih aminokislin, tvorjenih v telesu iz  $\text{NH}_3$  in izvorom ogljika (1,2 in 3). V laboratoriju tudi z infuzijo (4). Bazen prostih aminokislin nato lahko zapustijo na štiri načine (izločanje v črevesje, vgradnja v proteine v tkivu, oksidacija – aminokislina izgubi dušik (proces oksidativne deaminacije) in se izloči z urinom ali s potom; ogljik v izdihanem zraku – ali združen z energijskimi zalogami ogljikovih hidratov in maščob – izguba dušika iz aminokislino z urinom (a, b, c in d)) (Lemon, 2005).



**Slika 12:** Poenostavljen diagram presnove beljakovin (Lemon, 2005)

Koncentracija prostih amino kislin je v večini zunajcelične in znotrajcelične telesne tekočine precej nizka. Večinoma prispeva manj kot 5 % energije za mišično krčenje

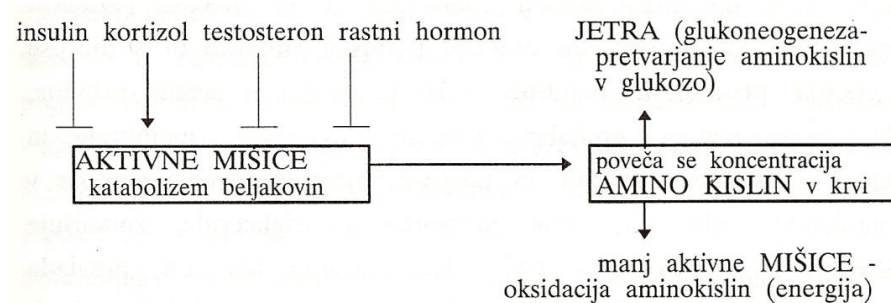
med telesno aktivnostjo. Kot energetski vir za mišično delo pa postanejo pomembnejše v obdobju stradanja, ko so zaloge glikogena osiromašene (Manore, 2005).

V mirovanju je v presnovo vključenih le 6 aminokislin: levcin, izolevcin, valin, aspargin, aspartat in glutamat. Te aminokisliline zagotavljajo amino skupine in amonijak, potreben za sintezo glutamina in alanina, ki se sproščata v velikih količinah v fazi po zaužitju obroka ali med uživanjem obroka, bogatega z beljakovinami. Le levcin in del molekule izolevcina se lahko oksidirata v mišici, ker se pretvorita v Acetil-CoA. Ostale ogljikove strukture se lahko uporabijo le za *de novo* sintezo vmesnih produktov TCA – cikla in glutamina. Ogljikovi atomi spročenega alanina izvirajo po večini iz glikolize krvne glukoze in iz mišičnega glikogena. Po zaužitju obroka, bogatega z beljakovinami, mišica sprejme BCAA in glutamat in nato njihove strukture uporabi za *de novo* sintezo glutamina. Glutamin, ki ga tvori mišica, je pomembno gorivo in regulator RNA in DNA sinteze v sluznicah in imunskim sistemskim celicam in izpolnjuje še več drugih funkcij v človekovem metabolizmu (Wagenmakers, 2005).

Na metabolizem beljakovin pa vplivajo tudi ravni nekaterih hormonov, ki so odvisne od starosti, spola, načina prehrane, telesne aktivnosti in prisotnosti bolezni.

Učinki nekaterih hormonov na presnovo beljakovin (Dervišević in Vidmar, 2009):

- testosteron: pospešuje sintezo proteinov v mišicah;
- inzulin: pospešuje vstop aminokislin v mišično celico, zmanjšuje potrebo po njihovem vključevanju v tvorbo energije;
- rastni hormon: pospešuje sintezo proteinov iz aminokislin;
- glukokortikoidi: zmanjšujejo količino proteinov v celicah.



katabolizem beljakovin je razgradnja beljakovin na aminokisliline;

→ pospeševanje reakcij; —| zaviranje reakcij.

**Slika 13:** Vključevanje aminokislin v energetski bazen (Lasan, M.1996)

### 3.6.1.2. Pomen beljakovin v procesu športne vadbe

Vloga aminokislin v normalnih okoliščinah ni tako pomembna kot energijski vir, pomembnejša pa postane pri športni aktivnosti. Zlasti nekatere aminokislino – z razvejanimi verigami (valin, izolevcin in levcin – BCAA) naj bi lahko bile, pri pomanjkanju OH goriv -glikogena, udeležene tudi pri tvorbi energije (Dervišević in Vidmar, 2009).

V primeru, ko pride do izčrpavanja mišičnega glikogena, predstavljajo aminokislino med 5 in 15 % energije. Vzdržljivostni trening v primerjavi s treningom moči zmanjša zalogo mišičnega glikogena, posledično se poveča poraba beljakovin. Trening lahko povzroča poškodbe mišic, kar prav tako poveča potrebo po beljakovinah, ki omogočajo hitrejšo regeneracijo tkiv. Med vzdržljivostno vadbo prihaja do večjih izgub beljakovin preko urina. Beljakovine so zelo pomembne pri športnikih, ki potrebujejo veliko moči in ki so izpostavljeni pogostim poškodbam (Bangsbo, 2005).

Pri vzdržljivostni vadbi se, kot kažejo posredni dokazi, v delujoči mišici odvija velik odliv aminokislin glutamin, alanin in BCAA (Lemon, 2005). To je verjetno posledica delovanja z intenzivnostjo pogojene aktivacije omejitvenega encima (BCAA oxoacid dehidrogenaze) v oksidacijski poti BCAA (Kasperk in Snider 1987 v Lemon, 2005). Ta podatek je lahko pomemben pri dnevni potrebi za vnos BCAA. Vsaka posamezna vadbena enota (2 uri pri 55 % VO<sub>2</sub>max.) lahko povzroči povečanje stopnje oksidacijskega koeficienta na 90 % dnevnih potreb za vsaj eno od njih (Evans, s sod. 1983 v Lemon, 2005). Pri bolj treniranih pa je ta stopnja lahko še višja in se podaljša tudi v fazo mirovanja. To povečanje pa je proporcionalno z intenzivnostjo vzdržljivostne vadbe. Študije so pokazale tudi večjo oksidacijo beljakovin (150 %) pri anaboličnem stimulanu, povzročenem z vadbo moči (Lemon, 2005).

Povečana potreba po beljakovinah, v povezavi z vadbo, se verjetno pojavi zaradi treh razlogov:

- vadba vodi v povečanje mišične mase, kar lahko poveča potrebo po beljakovinah;
- težka telesna aktivnost, še posebno vzdržljivostni trening lahko vodi v povečano razgradnjo in porabo mišičnih beljakovin;
- kadar energetske zahteve niso pokrite, se v energijsko presnovo vključi tudi glukoneogeneza iz mišičnih beljakovin, kar povzroči katabolizem mišičnih proteinov in negativno dušikovo ravnovesje.

### **3.6.1.3. Priporočen vnos beljakovin v procesu športne vadbe in pri kontroli TM**

#### **3.6.1.3.1. Dnevni vnos beljakovin in bilanca beljakovin**

Navadno se skupni status dušika v celotnem telesu meri s tehniko dušikove bilance (ravnovesja). Merijo se vnos in izločanje dušika (fekalije in urin ter druge izgube vključno z urinom in potem) (Manore, 2005). Cilj večine športnikov je doseči ravnotežje med vnesenim in izločenim dušikom. Negativno razmerje pomeni, da je bil delež izločenega dušika večji, kar neizogibno vodi v izgubo mišične mase. Obratna situacija, torej pozitivno ravnovesje, lahko vodi v pridobivanje mišične mase ob primernem dražljaju z vadbo moči ali v določenih drugih primerih. Drugo se ne more ohranjati dolgo, ker telo ne kopiči zalog beljakovin v telesu. Vse beljakovine imajo namreč strukturno ali funkcionalno vlogo (Lemon, 2005). Kot pri OH telo spreminja oksidacijo beljakovin, da ustreza njihovemu vnosu. Ogljikove strukture aminokislin viška beljakovin pa se lahko porabijo kot gorivo. Premajhen vnos ogljikovih hidratov povzroči negativno beljakovinsko bilanco, medtem ko prevelik vnos OH pripomore k varčevanju z njimi (Manore, 2005).

Povprečne potrebe odraslih ljudi (neaktivnih) po beljakovinah z visoko biološko vrednostjo znašajo 0,8 g/kg TT/na dan (Referenčne vrednosti, 2004; Pokorn, 2003; Bangsbo, 2005; Dervišević in Vidmar, 2009). V uravnoteženi mešani prehrani to ustreza 8–10 % deležu prehranskih beljakovin pri dnevnem vnosu energije pri odraslih (Referenčne vrednosti..., 2004).

V naslednjih primerih pa je količina beljakovin večja (Dervišević in Vidmar, 2009):

- doba rasti in razvoja (večja za okoli 10 %),
- nosečnost in dojenje,
- stanja podhranjenosti, stradanje,
- motnje hranjenja,
- povišana telesna temperatura,
- športna aktivnost,
- stres, depresije.

Faktorji ki vplivajo na potrebo po beljakovinah so (Lemon, 1992):

- način prehranjevanja – dieta,  
pri čemer pomembno vlogo igrajo poleg energijske bilance še sestava celotne diete, adaptacija na spremembo diete, čas in sestava obroka pred vadbo;
- tip in frekvenca vadbe  
Obstaja veliko vrst vadb, ki se razvrščajo od visoko intenzivnih s kratkim trajanjem (vadba moči, hitrosti,...) do nizko intenzivnih dolgotrajnih (vzdržljivostna vadba). Seveda so tudi telesni odzivi in prilagoditve različne.

Vadba hipertrofije poveča potrebo po beljakovinah in na dolgi rok povzroči povečano potrebo po vnosu beljakovin;

- trajanje vadbe

Dolgotrajna vadba pri 60-70 % VO<sub>2</sub>maks drastično poveča količino odpadnih produktov v urinu po preteku 60-70 min (Lemon 1992);

- intenzivnost vadbe

Raziskave so pokazale povečane potrebe po beljakovinah pri vadbi visoke intenzivnosti;

- spol

Anaboličen učinek vadbe je večji pri moških kot pri ženskah, zaradi hormonskih razlik;

- temperatura okolja

Nizka temperatura okolja povzroča povečano porabo maščob in beljakovin, medtem ko visoka porabo glikogena in kopičenje laktata;

- starost.

Priporočljiv dnevni vnos beljakovin za športnike je med 12 in 15 % celotne energije (Benardot, 2006; Dervišević in Vidmar, 2009). Športniki imajo zaradi večje mišične mase in zaradi hitrejše regeneracije tkiv vsekakor večje potrebe po beljakovinah

Priporočene dnevne količine beljakovin za športnike so večje in se razlikujejo glede na vrsto športa (Lemon, 2005; Dervišević in Vidmar, 2009). Količina dnevnega vnosa beljakovin, ki zadostuje za vzdrževanje dušikovega ravnovesja pri športniku, znaša približno 1,2 do 1,7 g/kg na dan (Bangsbo, 2005). Pri vzdržljivostnih športih velja, da so potrebe po beljakovinah 1,2-1,4 g/kg TT/dan, za športe moči in hitrosti: 1,4-1,8 g/kg TT/dan oz. bolj proti višjim vrednostim od 1,7-1,8 g/kg TT/dan (Lemon, 2005).

Zaenkrat obstaja le peščica dobrih dokazov, da bi visok vnos beljakovin (več kot 1,3-1,4 g/kg TT/dan) izboljševal športne rezultate. Dodatki beljakovin ali amniokislin so tako povsem nepotrebni, če dnevna prehrana vsebuje dovolj beljakovin predvsem živalskega izvora (Pokorn, 2003; Lemon, 2005).

### **3.6.1.3.2. Vnos beljakovin in zdravje**

Večje količine od 2 g/kg TT/dan ne prispevajo k večji hipertrofiji mišic ali k boljšim športnim dosežkom in iz zdravstvenih razlogov niti niso priporočljive (Referenčne vrednosti, 2004; Pokorn, 2003; Dervišević in Vidmar, 2009).

Dervišević in Vidmar poročata o zakisanosti in dehidraciji kot možnih zapletih pri prevelikem vnosu beljakovin, v skrajnih primerih pa tudi težavami z ledvicami. Med izgorevanjem beljakovin se mora odstraniti dušik, s čimer se poveča izguba vode preko

urina. Posledično lahko pride do dehidracije. Pri ženskah lahko prihaja do še večjih težav, saj visoko proteinske diete povečujejo izločanje kalcija, kar posledično vodi v bolezni kosti (Benardot, 2006). Drugo potencialno posledico visoko beljakovinske diete predstavljajo ledvični kamni. Obstaja pa tudi kompleksna povezava med takšno dieto in srčnožilnimi boleznimi, ki pa še ni dobro raziskana. Številne študije pa so pokazale, da je velik vnos rdečega in predelanega mesa povezan z večjo pojavnostjo raka debelega črevesa in danke. Zelo visoki vnosi beljakovin (45 %) pa naj bi povzročali slabost, bruhanje in diarejo. Za zaključke, ali so visoki vnosi beljakovin varni ali ne, je še prezgodaj, saj še vedno ni dovolj raziskav potrdilo ali ovrglo eno ali drugo možnost (WHO, 2007). Seveda pa ne gre spregledati tudi negativnih posledic prenizkega vnosa beljakovin, ki pa je v zahodnem svetu redek pojav.

### **3.6.1.3.3. Pomen vnosa beljakovin pri kontroli telesne mase**

Visoko beljakovinska dieta sama po sebi ne zagotavlja stopnje izgubljanja telesne teže. Toda vzdrževanje vnosa beljakovin okoli 15 % dnevnega energijskega vnosa lahko pri ljudeh na energijsko restriktivnih dietah prepreči ali pripomore k zmanjšanju padca energijske porabe, ki ga je pri takšnih dietah moč običajno opaziti. Beljakovine so namreč termične (generirajo toploto). Predvsem beljakovine iz rastlinskih virov lahko prispevajo k zdravju in kontroliranju telesne mase. Vsebujejo manj nasičene maščobe in več vlaknin kot živalski viri (Summerfield, 2001). Dervišević in Vidmar (2009) pa svetujeta 15 – 20 % dnevnega energijskega vnosa iz beljakovin.

### **3.6.1.3.4. Vnos beljakovin pred, med in po vadbi**

Zaužitje proteinov po treningu pospeši obnovo beljakovin (anabolizem), ki so bile podvržene katabolizmu med treningom. Uživanje proteinov pred vadbo pa zavira katabolizem beljakovin med treningom. Kombinacija majhnih količin beljakovin in večjih količin OH (priporočljivo razmerje je 1:4) je primerna za optimalni anabolni učinek, tako v primeru uživanja pred in po treningu (Davis, 1995, Ivy in sod., 2002. v Dervišević in Vidmar, 2009).

Zanesljivih dokazov, da beljakovinski dodatki po treningu moči neposredno povečajo mišično maso, še ni. Lahko pa ublažijo mišični katabolizem zaradi vadbe in zato prispevajo k boljši regeneraciji. Anabolni učinek dodanih beljakovin je največji v urah po treningu moči. Ta učinek pripisujemo hormonu IGF-1, ki naj bi izboljšal sintezo beljakovin in je najaktivnejši 6-12 ur po intenzivni vadbi moči. Zato se zdi uživanje aminokislin najbolj optimalno po treningu (30 min po treningu).

Opaziti je bilo pozitivne učinke jemanja BCAA na telesno in mentalno utrujenost pri utrujajoči vadbi (Newsholm in Castell, 2005). Zanimivo pa je, da so majhne doze verjetno učinkovitejše od velikih.

Nivo infekcij je višji pri športnikih, ki se ukvarjajo z dolgotrajnimi utrujajočimi športi. Pri teh športnikih je po naporu opaziti nižje nivoje glutamina in oslabiljen imunski sistem. To znižanje se običajno pojavi 3-4 ure po naporu. Pri pretreniranih športnikih je bilo opaziti znižanje koncentracije plazemskega glutamina tudi še po 6-ih tednih regeneracije v primerjavi s kontrolno skupino. Zaužitje glutamina neposredno po vadbi in 2 uri po vadbi (v odmerkih 5 g ali 0,1 g/kg TT) je stanje drastično popravilo. Športniki so imeli naslednje dni višje nivoje plazemskega glutamina in so poročali o manjšem številu infekcij (Newsholm in Castell, 2005).

#### 3.6.1.4. Viri beljakovin

Najboljša pot za zagotavljanje beljakovinskih potreb je uživanje hrane živalskega izvora. Ta zagotavlja vse potrebne količine esencialnih aminokislin. Vegetarijanci morajo biti posebej pozorni, da zagotavljajo optimalno količino nujno potrebnih aminokislin. Osnovno pravilo za kvalitetno porazdelitev vseh esencialnih aminokislin je ustrezna kombinacija žit in stročnic v istem obroku. Oboji so odličen vir valina, treonina, fenilalanina in leucina (Benardot, 2006).

**Tabela 14:** Živila s kompletnimi beljakovinami

---

Mlečni proizvodi
Jajca
Ribe
Meso
Perutnina
Koruza/riž s stročnicami
Koruza z grahom
Leča s kruhom

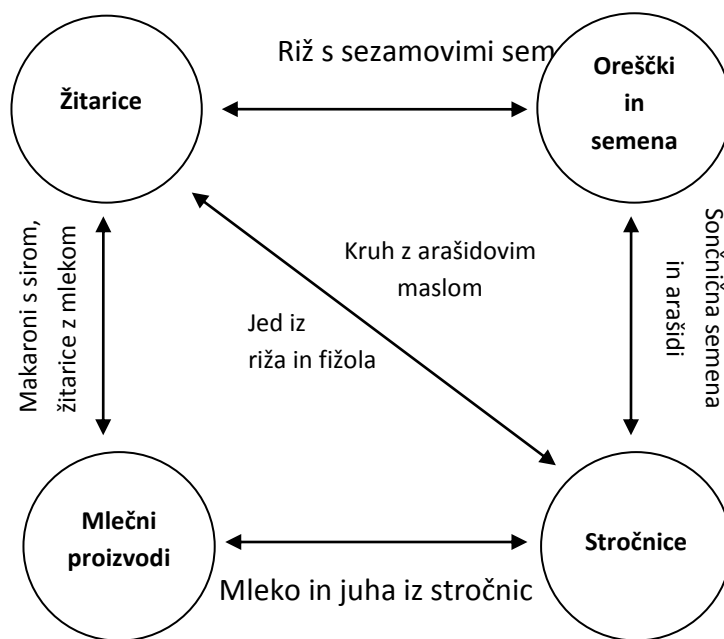
---

Stročnice (sušen fižol, grah, leča,...) in soja predstavljajo pomemben vir beljakovin pri vegetarijanskih dietah. So dober nadomestek mesa, a jim primanjkuje določenih aminokislin in vitaminov (C, A in B<sub>12</sub>), a so bogat vir škroba, vlaknin, kalcija, železa in folata in vsebujejo zelo malo maščob. Soja je bogat vir beljakovin in poleg tega vsebuje več fitokemikalij vključno s fitoestrogenim, ki zavira tveganje za raka na prsni in prostati. Pripomore tudi k znižanju holesterola (Summerfield, 2001).

Rastlinske beljakovine so torej nepopolne zaradi pomanjkanja ene ali več esencialnih aminokislin. Za razliko od preteklega obdobja sedaj prevladuje mnenje, da hkraten vnos (v posameznem obroku) vseh aminokislin ni tako ključnega pomena kot



uravnotežen dnevni vnos aminokislin. Vnos mora biti uravnotežen bolj skozi dneve kot ure. Raziskave kažejo, da jetra nadzorujejo sestavo zaužitih aminokislin v obroku. V kolikor v obroku primanjkuje določene esencialne aminokislino, jetra razgradijo svoje lastne beljakovine, da jo zagotovijo. Ko je te aminokislino ponovno dovolj na voljo, jetra obnovijo svoje zaloge beljakovin (Berning, 2005).



**Slika 14:** Koncept vzajemnega dopolnjevanja živil z nepopolnimi beljakovinami (komplementarne beljakovine) pri vegetarijanskih obrokih (Berning, 2005)

**Tabela 15:** Vsebnost beljakovin izbranih živil, Watt in Merill, 1963. V: Lemon, (1992)

Hrana	Beljakovine (% na težo)	Energija (kcal/100 g)
1. <i>Meso/Ribe</i>		
Modre ribe	26	159
Vahnja	20	165
Losos	28	168
Rakci	25	118
Govedina (hamburger)	25	288
Govedina (zrezek)	24	388
Piščanec	24	135
Jajca	12	160
Šunka	21	237
Jagnjetina	22	276
2. <i>Mlečni proizvodi</i>		
Sir (moder)	21	375
Sir (cottage)	13	106
Sir (švicarski)	28	375
Sladoled	4	190
Mleko (posneto)	4	37
Jogurt (pust)	3	51
3. <i>Zelenjava in sadje</i>		
Jabolko	Sledovi	47
Fižol (lima)	8	135
Banana	Sledovi	57
Brokoli	4	26
Cvetača	3	22
Krompir	3	91
Arašidi	25	583
Mandlji	19	592
4. <i>Žito</i>		
Kruh (bel)	8	280
Kruh (polnozrnat)	12	240
Žitarice	9	377
Riž	2	107

### 3.6.2. Ogljikovi hidrati (OH)

Večino dnevnega energijskega vnosa pri večini ljudi predstavljajo OH v različnih oblikah. Osnovni elementi, ki sestavljajo OH, so ogljik, vodik in kisik ((CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>). Ogljikovi hidrati so skupaj z maščobami in beljakovinami osnova prehrane. So glavni vir energije, ki jo potrebujemo za življenje in delo. So odločilni za nemoteno delovanje centralnega živčnega sistema.

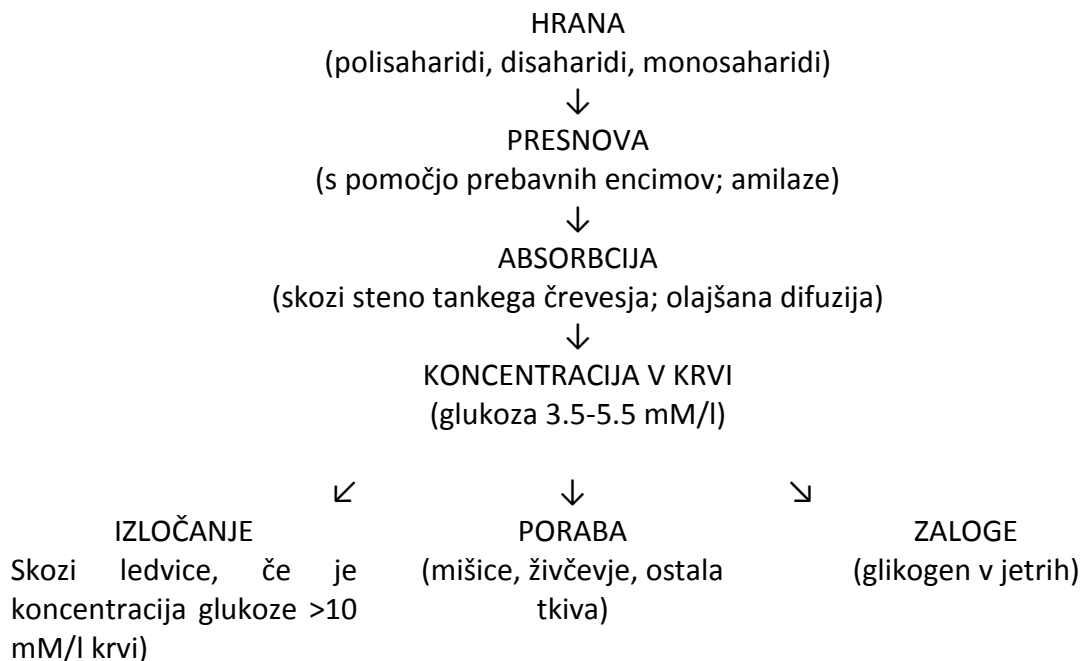
Skoraj vsi živi organizmi uporabljajo za energijo glukozo. Presežek glukoze se v telesu shranjuje kot rezerva v obliki glikogena v mišicah in jetrih (Maučec Zakotnik, 1997). Glukoza je osnovni vir energije za mišično delo. Hitro vstopa v krvni obtok in povzroča hiter in visok odziv inzulina. Čim večji je napor, večja je poraba glukoze. Osnovni cilj športnika je torej preprečiti izčrpanje glukoze.

#### 3.6.2.1. Presnova OH in vzdrževanje koncentracije glukoze v krvi

Ljudje lahko uskladiščimo približno 300-400 g glukoze (54-72 g/kg suhe teže suhe mase) kot mišični glikogen in dodatnih 90-110 (360-440 kCal) v jetrih, manjša količina pa se nahaja v krvi (prbl. 5 g, 20 kCal). Jetrni glikogen se lahko sprosti v krvni obtok, kadar je potrebno, da se vzdržuje koncentracijo glukoze pri 5 mmol/l. En gram glukoze sprosti 16 kJ energije in nase veže pribl. 3 g vode, kar nekoliko znižuje učinkovitost letih kot energetskega vira.

»Spreminjanje metabolično-energijskih procesov usmerjajo žleze z notranjim izločanjem preko hormonov, ki spreminjajo transport snovi skozi celične membrane ter vzorce in aktivnosti encimov. Uravnavanje poteka preko hipotalama, ki je del limbičnega sistema in retikularne formacije. Iz tega dela pride preko hipotalamo-hipofizne zveze informacija o tem, koliko energije smo pripravljeni vložiti v določeno delovanje« (Lasan, 1996).

Koncentracija snovi (tudi glukoze) je posledica prepletanja številnih dogajanj: vnosa s hrano, porabe, napolnjenosti zalog in izločanja (Lasan, 1996). Mehanizmi porabe in procesov skladiščenja oz. praznjenja zalog jetrnega glikogena pa so pod lokalno kontrolo in kontrolo hipotalama, odvisno od stanja mirovanja oz. trajanja in intenzivnosti telesne aktivnosti (povzeto po Lasan, 1996).



**Slika 15:** Presnovna pot glukoze, (Lasan, 1996)

Jetra so osrednji izvršilni organ, preko katerega potekajo vsi procesi za vzdrževanje koncentracije glukoze v krvi. V jetrih se glukoza ali kopiči v obliki glikogena (kemična reakcija se imenuje glikogeneza) ali pa nastaja pri cepljenju glikogena (glikogenoliza) in prehaja v kri ali pa nastaja glukoza iz mlečne kisline in aminokislin (glukoneogeneza) in prav tako prehaja v kri (Lasan, 1996).

### 3.6.2.2. Pomen OH v procesu športne vadbe (intenzivnost in trajanje,...)

»V mirovanju in nizko intenzivni aktivnosti (do 50 %  $VO_{2max}$ ) je triacilglicerol (TG) prednosten energetski vir. Splošno sprejeto pa je, da so OH glavni substrat pri resintezi ATP med intenzivno vadbo. Prehod se odvija postopno. Stopnja maksimalne proizvodnje ATP-ja je višja pri OH kot pri maščobah. Prav tako iz OH pridobimo več ATP-ja na mol kisika ( $O_2$ ). Zaloge pa so glede na zaloge maščob omejene in poidejo pri dolgotrajnih obremenitvah, kar negativno vpliva na športni rezultat. Anaerobno poraba OH je ključnega pomena pri prehodu iz mirovanja v vadbo pri stacionarnem stanju in pri naporu maksimalne intenzivnosti« (povzeto po Hultman in Greenhaff, 2005).

»Dopolnjujoča se narava energijske presnove zagotavlja, da aktivacija mišičnega krčenja s pomočjo  $Ca^{2+}$  in akumulacija produktov hidrolize ATP in fosfokreatina (ADP, AMP, IMP,  $NH_3$  in  $P_i$ ) delujejo kot spodbujevalci glikogenolize (preko delovanja na encim glikogen fosforilazo) in tako skušajo uskladiti produkcijo ATP-ja s potrebami. Koncentraciji piruvata in  $Ca^{2+}$  pa sta glavna regulatorja aktivnosti kompleksa piruvat dehidrogenaza, ki skupaj z znotraj mitohondrijsko koncentracijo ADP določa stopnjo oksidacije OH« (povzeto po Hultman in Greenhaff, 2005).

Najširše sprejeta teorija pripisuje kopičenje laktata pri intenzivnem mišičnem krčenju visokim energetskim zahtevam in nezadostni preskrbi s kisikom« (Hultman in Greenhaff, 2005).

#### **3.6.2.2.1. Poraba glikogena glede na intenzivnost vadbe**

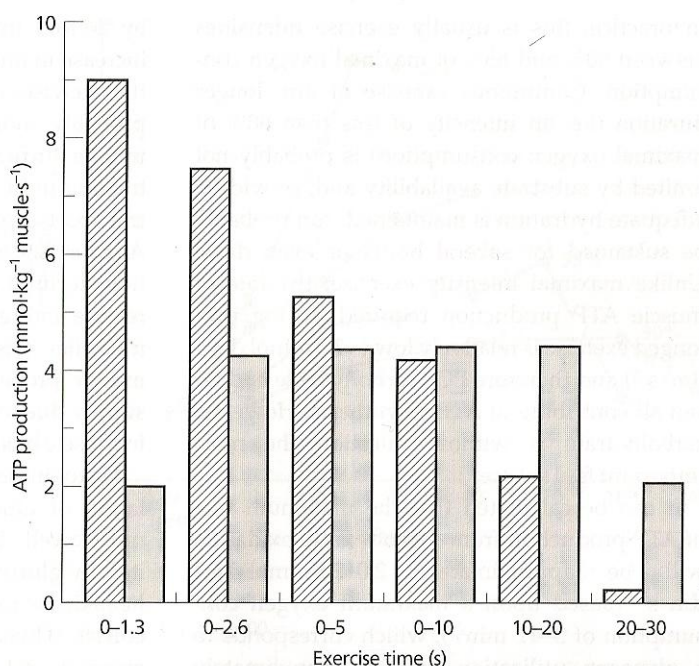
##### Največja intenzivnost vadbe

Anaerobna poraba OH je pomembna za zagotavljanje energije pri prehodu iz mirovanja v gibanje in med obdobji intenzivne vadbe, kjer energetske zahteve presegajo kapacitete oksidativne regeneracije ATP (Hultman in Greenhaff, 2005).

Pri maksimalni intenzivnosti vadbe se energija zagotavlja z anaerobno preskrbo, saj aktivacija in stopnja preskrbe energije pri oksidativni fosforilaciji ne more pokriti energijskih potreb pri mišičnem krčenju. S trajanjem vadbe prispevek anaerobne preskrbe pada, oksidativne pa raste« (Hultman in Greenhaff, 2005).

Maksimalna stopnja resinteze ATP iz PCr in razgradnje glikogena se lahko vzdržuje le kratek čas pri maksimalnem mišičnem krčenju. Pri nižji intenzivnosti lahko vadba traja tudi 5-15 min, preden se pojavijo znaki utrujenosti. V takšnih pogojih glavni prispevek k resintezi ATP predstavlja oksidacija OH. »Dokazano je bilo, da med 3.2 min. naporne vadbe prestavlja oksidativna fosforilacija do 55 % skupne energijske produkcije« (Bangsbo, J. 1990). Pod temi pogoji se mišični glikogen porablja kot osnovno gorivo, saj akumulacija glukoze-6 fosfata inhibira privzem (transport) glukoze v mišico. Akumulacija laktata pa inhibira lipolizo adipoznega tkiva. Pri največji intenzivnosti napora pod različnimi pogoji je glikogenoliza višja v TIP II mišičnih vlaknih kot pri TIP I (povzeto po Hultman in Greenhaff, 2005).

Pri maksimalnem naporu utrujenost po navadi ni posledica izčrpanosti glikogenskih zalog, ampak verjetno nastopi zaradi postopnega zmanjšanja anaerobne produkcije ATP zaradi izčrpanja PCr in zmanjšane stopnje glikogenolize. Med vadbo visoke intenzivnosti se utrujenost pojavi zaradi kopičenja laktatov, zaradi akumulacije  $H^+$  in  $P_i$  (povzeto po Hultman in Greenhaff, 2005).



**Slika 16:** Stopnje anaerobne tvorbe ATP iz fosfokreatina in glikolize med maksimalno prekinjeno izometričnim krčenjem izzvano z elektrostimulacijo (Hultman in Greenhaff, 2005).

**Legenda:**

- ▨ -fosfokreatin
- -glikoliza

#### Vadba pri nizki intenzivnosti

V mirovanju in med vadbo pri nizki intenzivnosti sta glavna vira za resintezo ATP glukoza iz krvnega obtoka in proste maščobne kisline (PMK). Z naraščanjem intenzivnosti se povečuje poraba OH kot energetskega substrata, dokler pri posameznikovi največji porabi kisika ne pokrije skoraj celotnih potreb po energiji.

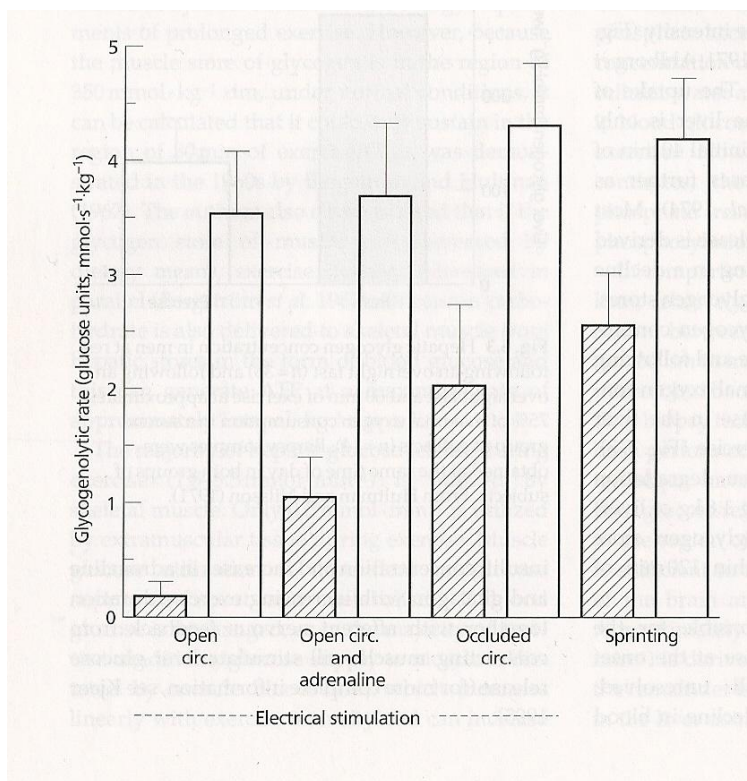
Kadar obremenitev traja dlje od 30 min., pri cikličnih športih govorimo o vadbi nizke intenzivnosti (Ušaj, 2003). V praksi so te intenzivnosti med 60 in 85 % največje porabe kisika ( $VO_{2max}$ ). Stopnja zahtev mišice po produkciji ATP je pri dolgotrajni vadbi relativno nizka, zato lahko PCr, OH in maščobe prispevajo k resintezi ATP. Ogljikovi hidrati pa so brez dvoma najpomembnejši vir goriva. Zaloge glikogena v mišici so omejene. Izračuni so pokazali (Bergstrom, in Hultman, 1967), da naj bi zdržale okoli 80 min. Avtorja sta tudi dokazala, da se ta čas lahko podaljša, vzporedno s povečanjem zalog glikogena z ustrežno prehrano (Bergstrom, in sod. 1967 v Hultman in Greenhaff, 2005).

Skeletne mišice pa se oskrbujejo z OH tudi iz zalog glikogena v jetrih v obliki krvne glukoze, ki lahko generirajo ATP pri najvišji stopnji okoli  $1 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  suhe snovi $\cdot\text{s}^{-1}$ . Med vadbo je večino le-te porabljene za mišično delo, le malenkost za druga tkiva. Proizvodnja glukoze iz jeter ustreza povečanim zahtevam po glukozi v naprezajoči se mišici, da med submaksimalno vadbo ohranja koncentracijo glukoze v krvi nespremenjeno. Opaziti je povečanje nivoja glukoze v krvi le v začetnem obdobju intenzivne vadbe in padeč takrat, ko je glikogen v jetrih že skoraj izčrpan.

Poraba glukoze v mišici je odvisna od zalog, transporta in metabolizma glukoze. Pri mišičnem delu je povezana z intenzivnostjo vadbe, torej regulirana s pretokom krvi po mišici (ki od mirovanja do maksimalne vadbe lahko naraste tudi za 20 krat) in olajšana s povečano transportno kapaciteto glukoze skozi plazemske membrane mišice. Regulacija sproščanja jetrnega glikogena je odvisna tako od kontrole hormonov kot od povratnih signalov iz krčenih mišic. Znano je, da znižanje plazemske koncentracije inzulina ter povišanje adrenalina in glukagona s podaljšanjem trajanja vadbe in aferentno živčno povratno zvezo iz mišice, ki se krči, spodbujajo sproščanje glukoze iz jeter (Kjaer, 1995). Utilizacija glukoze pa je odvisna tudi od kapacitete fosforilacije glukoze, ki je katalizirana z encimom heksokinaza (povzeto po Hultman in Greenhaff, 2005).

Ogljikovi hidrati se porabljajo kot gorivo pri vseh intenzivnostih vadbe in so nujno gorivo pri intenzivnostih preko 50 – 60 % posameznikove največje porabe kisika. Izčrpanje glikogenskih zalog v mišicah vodi v poslabšanje učinkovitosti pri vadbi v tem območju intenzivnosti. Izčrpanost glikogenskih rezerv v jetrih med dolgotrajno vadbo pa povzroča hipoglikemijo, ki ravno tako poslabša učinkovitost pri kontinuirani obremenitvi (povzeto po Hultman in Greenhaff, 2005).

Stopnja glikogenolize med submaksimalno vadbo pa je za razliko od vadbe maksimalne intenzivnosti najvišja v TIP I mišičnih vlaknih, še posebno v začetnem obdobju vadbe (Ball-Burnett s sod. 1990 v Hultman in Greenhaff, 2005).



**Slika 17:** Stopnje glikogenolize v mišičnih vlaknih TIP I in TIP II pri ljudeh med 30 s maksimalnim prekinjenim izometričnim krčenjem, izzvanim z elektrostimulacijo z nemoteno cirkulacijo in z nemoteno cirkulacijo z infuzijo adrenalina, s prekinjeno cirkulacijo in med 30 s maksimalnega šprinta (Greenhaff s sod. 1991, 1993, 1994 v Hultman in Greenhaff, 2005).

#### 3.6.2.4. Optimizacija glikogenskih rezerv in sinteza mišičnega glikogena

##### Optimizacija glikogenskih zalog

Pri dolgotrajni naporni vzdržljivostni vadbi se po daljšem času pojavi hipoglikemija in utrujenost, ki ji sledijo simptomi nevroglukopenije – mišična proženja in dezorientacija. »Skandinavske študije so pokazale povečano odvisnost mišičnega glikogena kot energetskega vira pri povečani intenzivnosti vadbe in da je percepcija utrujenosti med dolgotrajno naporno vadbo vzporedna s pojemanjem glikogenskih rezerv. Ugotovili so tudi, da je aerobna vzdržljivost neposredno povezana z začetnim stanjem glikogenskih rezerv in da naporna vadba ni več mogoča, potem ko so te rezerve izčrpane (Hermansen, s sod. 1965; Ahlborg, s sod. 1967a; Bergström s sod. 1967; Hultman, 1967 v Ivy, 2005). Količina glikogena v telesu je omejena, zato se vneto preiskujejo metode za povečanje njegove koncentracije nad normalno vrednostjo pred vadbo in za hitro obnovev po vadbi (Ivy, 2005).



### Uživanje OH pred vadbo ali tekmo

Namen obroka pred vadbo je zapolnitev mišičnih in jetrnih glikogenskih rezerv (če še niso napolnjene) in preprečitev ob izogibanju občutka napetosti in želodčno črevesnih težav. Obrok pred tekmo naj ne bi povzročil ekstremnega povečanja izločanja inzulina. Pri dobro hranjenih športnikih je namen obroka pred tekmo predvsem preprečiti občutek lakote. To naj bi omogočal obrok OH (300 g) štiri ure pred tekmo. Tudi manjši obrok 60-90 min pred tekmo naj ne bi povzročal želodčnih težav. Pred vadbo se priporoča tudi uživanje OH z nizkim ali srednjim GI, ki naj ne bi povzročal naglih padcev krvnega sladkorja (Dervišević in Vidmar, 2009). Na splošno se 4 ure pred vadbo priporoča 200-300 g OH. Vnos beljakovin, maščob in vlaknin pa naj bi bil nizek (Coyle, 1992).

### Regulacija sinteze mišičnega glikogena

»Po izčrpanosti zaradi vadbe sledi sinteza mišičnega glikogena na dvofazni način« (Bergström in Hultman, 1967b; Piehl, 1974; Ivy, 1977; Maehlum s sod. 1977; Price, s sod. 1994 v Ivy, 2005).

Najprej poteka hitra sinteza mišičnega glikogena, pri čemer prisotnost inzulina ni potrebna (Ivy, 1977; Maehlum s sod. 1977; Price s sod. 1994). »Po dovolj dolgi in intenzivni vadbi, ki povzroči izčrpanje glikogenskih zalog v mišici, se poveča aktivnost encima glikogen sintaze, ki je ključen encim pri regulaciji stopnje sinteze glikogena. Njegova aktivnost je pod močnim vplivom koncentracije mišičnega glikogena (Danforth, 1965; Bergström, s sod. 1972; Adolfsson, 1973)«. Hitra obnova mišičnega glikogena po vadbi pa je možna le ob zadostni razpoložljivosti substrata, pri čemer je ključnega pomena tudi permeabilnost membrane mišične celice za glukozo. Pri normalnih ljudeh ta faza traja okoli 45-60 min.

Druga faza pa je odvisna od inzulina (Ivy, 1977; Maehlum s sod. 1977; Price s sod. 1994) in se, v odsotnosti dodatkov k prehrani z OH, odvija s stopnjo približno 7-10 krat počasneje kot pri hitri fazi (Price s sod. 1994). Primarna komponenta počasne stopnje sinteze beljakovin je povečanje občutljivosti mišice na inzulin. Druga komponenta je povečanje občutljivosti na glikogen sintaze za G6P. K povečanju sinteze glikogena med to fazo pa bi lahko vplivalo tudi povečanje v koncentraciji GLUT-4 proteina, ki ga spremlja povečanje transporta glukoze in sinteza glikogena pod vplivom inzulina. Stopnja sinteze med počasno fazo je lahko nekajkrat višja, če takoj po vadbi dodajamo OH, preko povečanja plazemskega inzulina in koncentracije glukoze. Povečanje koncentracije arterijske glukoze poveča stopnjo transporta glukoze, poveča razpoložljivost substrata in zagotavlja dovolj G6P za aktivacijo glikogen sintaze. V kolikor se z dodajanjem nadaljuje, se lahko nivo mišičnega glikogena poveča nad normalnega (Bergström s sod. 1967). »Dokazano je bilo tudi, da se v naslednjih dneh inzulinski odziv na vnos OH poveča, medtem ko toleranca ostane enaka ali pa se celo

izboljša« (Ivy s sod. 1985). »To se pripisuje povečanju odziva pankreasa na glukozo« (Szanto in Yudkin 1969). Dvig mišičnega glikogena preko normalne vrednosti imenujemo superkompensacija glikogena. Učinkovitost dodajanja OH pri hitri obnovi mišičnega glikogena pri počasni fazi je neposredno povezana z odzivom plazemskega inzulina na dodatek (Ivy, 1991 v Ivy, 2005)

Za sintezo glikogena po obremenitvi so pomembni 4 dejavniki:

- čas vnosa,
- frekvenca vnosa,
- količina in
- tip ogljikovih hidratov.

Če športnik takoj po končani vadbi ne vnese ogljikovih hidratov in to stori šele dve uri kasneje, bo koncentracija glikogena za 45 % nižja (Ivy, 2005).

Raziskave kažejo, da naj bi športnik za optimalno obnovo glikogena zaužil »kritično« količino ogljikovih hidratov. Med vnosoma 0,7 g in 1,4 g glukoze na kg telesne teže v dveh urnih intervalih ni prišlo do razlike v sintezi glikogena. Pri vnosu 0,35 g glukoze na kg telesne teže v dveh urnih intervalih pa je bila sinteza zmanjšana za 50 %. Sintezo lahko povečamo, če ogljikovim hidratom dodamo beljakovine, vendar je klub temu bolj pomemben zadosten vnos ogljikovih hidratov (Jeukendrup in Gleeson, 2005). Priporoča se, da športnik zaužije približno 1,5 g OH/kg TT v obliki napitkov ali čvrstega obroka z visokim GI (Dervišević in Vidmar, 2009). Konsistenca obroka nima vpliva na hitrost sinteze, vendar je takoj po naporu priporočljivo vnašati ogljikove hidrate v obliki pijač, saj so lažje prebavljivi (Jeukendrup in Gleeson, 2005).

Šest ur po končani vadbi je priporočljivo na vsaki 2 uri vnašati podobno količino OH z visokim GI za optimalno zapolnitev glikogenskih rezerv (Dervišević in Vidmar, 2009).

Rezultati raziskav različnih načinov prehranjevanja so pri zelo treniranih vzdržljivostnih atletih pokazali, da je običajen tapering pri vadbi v kombinaciji z zmernim vnosom OH, ki mu je sledilo obdobje visoko OH diete (3 dni 50% OH, 3 dni 70% OH), ravno tako učinkovit kot klasičen režim (3 dni 25% OH, 3 dni 70% OH) superkompensacije glikogena (Jeukendrup in Gleeson, 2005).

#### **3.6.2.4. Nadomeščanje OH med vadbo**

Med naporno vadbo je, da bi se izognili hipoglikemiji, potrebno uživati OH in s tem vzdrževati razpoložljivost in visoko stopnjo oksidacije OH, kar doprinese k izboljšanju vzdržljivosti. Vnos ogljikovih hidratov med obremenitvijo izboljša športnikovo dolgotrajno vzdržljivost.

Mehanizmi, ki na to vplivajo, so (Ivy, 2005):

- vzdrževanje konstantne koncentracije glukoze v krvi in njeno oksidacijo,
- zmanjšanje porabe jetrnega glikogena,
- povečanje sinteze glikogena med prekinjajočo obremenitvijo.

Pri tem so se pokazale le neznatne razlike med učinki glukoze, saharoze in maltodekstrina na metabolizem med vadbo in na dosežke, medtem ko sta se fruktoza in galaktoza pokazala kot neučinkovit nadomestek, saj se morata pred tem še v jetrih pretvoriti v glukozo. Kljub povečani osmolalnosti, je absorpcija vode in ogljikovih hidratov večja, če je v raztopini kombinacija dveh ali več različnih ogljikovih hidratov (npr. glukoza, fruktoza in saharoza).

**Tabela 16:** Tipi ogljikovih hidratov glede na hitrost oksidacije (Hargreaves, 2005).

Oksidacija (1 g/min)	Oksidacija (0,6 g/min)
glukoza	fruktoza
maltoza	galaktoza
saharoza	amiloza
maltodekstrin	
amilopektin	

Maksimalna oksidacija vnesenih ogljikovih hidratov je približno 1g/min. Večja količina ne bo vplivala na povečanje oksidacije, lahko pa povzroči prebavne motnje. OH je med vadbo potrebno zaužiti približno 30-60 g · h<sup>-1</sup> brez negativnih posledic na biorazpoložljivost tekočin (Hargreaves, 2005). Količina OH dodatka med vadbo naj znaša torej 0,5 – 1 g OH/kg TT/uro. Raziskave na kolesarjih so pokazale, da je zadnji čas za zaužitje OH med dolgotrajno vadbo 30 min. preden se pojavi utrujenost, kadar vnašajo samo vodo (Coyle, 1992). Neposredno pred vadbo pa se priporoča napitek (5-8 ml in nato vsakih 15-20 min. 2 ml /kg TT) – zvišanje ravni krvnega sladkorja in varovanje mišičnega glikogena (Dervišević in Vidmar, 2009).

### 3.6.2.5. Oblike in viri OH

Med vsemi organskimi snovmi so najmočnejše zastopana in najbolj razširjena skupina kemijskih spojin. Glede na število molekul jih delimo na monosaharide, disaharide in polisaharide (Kodele in sod., 2002).

Po strukturi OH delimo na:

- enostavni OH (mono, di in oligo-saharidi),
- kompleksni OH in
- prehranske vlaknine.

**Tabela 17:** Razdelitev ogljikovih hidratov (Benardot, 2006).

Razdelitev OH		
<b>Enostavni OH (Sladkorji)</b>	MONOSAHARIDI	glukoza fruktoza galaktoza
	DISAHARIDI	saharoza laktoza maltoza
<b>Sestavljeni OH</b>	OLIGOSAHARIDI	maltodekstrini rafinoza stahioza verbaskoza
	PREBAVLJIVI POLISAHARIDI	amiloza amilopektin glukozni polimeri
	NEPREBAVLJIVI POLISAHARIDI	celuloza hemiceluloza pektini gume beta glukani
<b>Ostali OH</b>	OSTALI OGLJIKOVI HIDRATI	manitol sorbitol ksilitol glikogen riboza

### 3.6.2.6. Prehranske vlaknine

Pod izrazom **prehranska vlaknina** so združene sestavine rastlinske hrane, ki jih telesu lastni encimi želodčno-črevesnega trakta ne razgradijo. Z izjemo lignina gre za neprebavljive ogljikove hidrate, kot so celuloza, hemiceluloza, pektin ipd. Upoštevati je treba tudi škrob, ki je najpomembnejši in najbolj razširjen polisaharid v prehrani in ga amilaze ne razgradijo (rezistentni škrob). Nahaja se v semenih pšenice, koruze, riža, rža in ovsu (Referenčne vrednosti..., 2004).

Prehranska vlaknina izpolnjuje celo vrsto pomembnih, deloma zelo različnih funkcij v prebavnem traktu in vpliva na presnovo. Bakterije v črevesju deloma metabolizirajo prehransko vlaknino v maščobne kisline s kratkimi verigami. Te znižujejo pH vrednost vsebine črevesa in črevesni sluznici služijo kot hranljive snovi. V primeru absorpcije predstavljajo te maščobne kisline s kratkimi verigami dodaten vir energije z razpoložljivostjo okoli 8,4 KJ (2 kcal) na gram vlaknine (Referenčne vrednosti..., 2004).

Prehranska vlaknina naj bi zavirala nastanek cele vrste bolezni in funkcijskih motenj. Najpomembnejše so: zaprtost, divertikuloza debelega črevesa, rak na debelem

črevesu, žolčni kamni, prekomerna telesna teža, povišan nivo holesterola v krvi, sladkorna bolezen in ateroskleroza. Pri izbiri živil, bogatih s prehransko vlaknino, je treba upoštevati, da so učinki posameznih komponent prehranske vlaknine različni. Vir prehranske vlaknine naj bi zato bila tako polnovredna žita (pretežno netopni, bakterijsko malo razgradljivi polisaharidi), kot tudi sadje, krompir in zelenjava (pretežno topni, bakterijsko razgradljivi polisaharidi). S tem se zagotavlja ugodna porazdelitev med topno in netopno prehransko vlaknino (Referenčne vrednosti...,2004).

**Tabela 18:** Hrana bogata s topno in netopno vlaknino (Benardot, 2006).

<b>Viri topne vlaknine</b>	<b>Viri netopne vlaknine</b>
banana	ječmen
ječmen	pesa
fižol in stročnice	brstični ohrovt
korenje	zelje
citronsko sadje	cvetača
ovseni otrobi	sadje in zelenjava (z
ovsena kaša	lupino)
grah	riž (razen bel riž)
riževi otrobi	repa
jagode	pšenični otrobi
sladek krompir	pšenična žita
	pšenični kruh
	polnozrnat

### 3.6.2.7. Glikemični indeks in pomen le-tega za kontrolo TM

Glikemični indeks (GI) predstavlja stopnjo, s katero posamezna hranila vplivajo neposredno na spremembo ravni krvnega sladkorja v telesu po njihovem zaužitju. Hranilo, ki najhitreje poveča raven glukoze v krvi, je glukoza sama, zato ima najvišji glikemični indeks. Glede na glikemični indeks razvrščamo živila v lestvico od 0-100. Višji kot je glikemični indeks, hitreje pride do dviga koncentracije glukoze v krvi, posledično do hitrega dviga inzulina in s tem do negativnih posledic za organizem. Glikemični indeks živila je odvisen od sestave ogljikovih hidratov. Bolj kot je živilo nepredelano in vsebuje več sestavljenih ogljikovih hidratov, več časa telo potrebuje za presnovo, zaradi česar bo glukoza počasneje nastajala in prehajala v kri. To pomeni, da je glikemični indeks nižji (Benardot, 2006).

Veliko faktorjev vpliva na GI živil, bogatih z OH vključno z obliko živila (kvaliteta mletja ali predelave, struktura in viskoznost vključno z vsebnostjo vlaknin) in stopnja

predelave hrane in kuhanja (stopnja želatiranja ali propadanja škroba, razgradnje do celičnih struktur). Nanj vpliva tudi prisotnost fruktoze ali laktoze in razmerje med amilopektinom in amilozo v škrobu, kot tudi prisotnost beljakovin in maščob v škrobu in »protihranil« (fitati, lectini,...). Nanj vpliva tudi zrelost sadja (Burke, 2005).

Jeukendrup in Gleeson (2004) ugotavljata, da ogljikovi hidrati z različnim glikemičnim indeksom različno vplivajo na sintezo glikogena po končanem telesnem naporu. Pri vnosu fruktoze je sinteza veliko počasnejša kot pa pri vnosu glukoze ali saharoze. Po zaužitju obroka z visokim glikemičnim indeksom je po šestih urah količina glikogena večja kot v primerjavi z obrokom, ki ima nizek glikemični indeks.

#### Glikemično nalaganje

V obroku pa imamo pogosto več živil, ki imajo različen glikemični indeks. Glikemično nalaganje je pojem, ki opredeljuje, kakšen je GI vseh živil v obroku in kakšen glikemični odgovor povzroči količina obroka torej vseh živil, zaužitih v obroku ali celo dnevu. Pri tem se upošteva količina in GI sestavin obroka po spodnji formuli (Dervišević in Vidmar, 2009).

$$\text{GN obroka} = (\text{količina OH v obroku v (g)} \times \text{GI teh OH}) / 100$$

Obrok hrane, ki vsebuje živilo z visokim GI, pri njegovi majhni količini manj dvigne krvni sladkor, kot bi bilo pričakovati glede na visok GI vsebovane sestavine.

**Tabela 19:** Primeri glikemičnih indeksov (GI) živil bogatih z ogljikovimi hidrati. Vrednosti GI temeljijo na glukozi kot referenčnem živilu (Burke, 2005)

	<b>Živilo</b>	<b>GI</b>	
Visok GI (>70)	Glukoza	100	
	Cornflakes	84	
	Cocopops	77	
	Instant pire krompir	83	
	Pečen krompir	85	
	Športni napitki	95	
	Žele bonboni	80	
	Bel kruh	70	
	Žitni briketi (Wheetbix)	70	
	Lubenica	72	
	Med	73	
	Zmeren GI (55-70)	Polnozrnat kruh	69
		Kosmiči v minuti (One-minute oats)	66
Žitarice iz musli kosmičev		68	
kolački (Muffins)		62	
Gazirane pijače		68	
Bel / rjav riž		59	
Pecivo iz marante		66	
Sladoled		61	
Mango		55	
Pomarančni sok		57	
Saharoza		65	
Nizek GI (<55)		Zrela banana	52
		Kaša iz ovsenih kosmičev in semen (Poridge)	49
	Kruh z mešanimi semeni	45	
	Otrobi	42	
	Neoluščen paraboiled riž	47	
	Mleko	27	
	Jogurt z okusom	33	
	Čokolada	49	
	Nezrela banana	30	
	Jabolko	36	
	Pomaranča	43	
	Testenine	41	
	Pečen fižol	40	
	Stročji fižol	27	
	Rdeča leča	26	
	Fruktoza	20	

### 3.6.2.8. Druge značilnosti živil, bogatih z ogljikovimi hidrati

So živila, ki so sestavljena iz enakih osnovnih sestavin, katere pa so v različnih deležih. Pri tem imajo različna hranila različne energijske in hranljive gostote. Energijska gostota se nanaša na količino energije na težo ali volumen. Hranljiva gostota pa se nanaša na količino hranila v povezavi z energijo (g/10 MJ).

#### Hranljiva gostota

Izhodišča zdrave prehrane priporočajo, da OH predstavljajo večino dnevnega energetskega vnosa. Hrana z obiljem OH pa lahko obenem pokrije še potrebe po drugih hranilih makro in mikrohranilih. Še posebno pomembna postane hranilna gostota pri športnikih z visokimi potrebami po vnosu OH ali pri tistih z omejenim vnosom (Burke 2005).

Kruh, riž, testenine, žitni kosmiči in druge žitarice predstavljajo dober vir B vitaminov in manjših količin nekaterih mineralov. Stročnice in sojini proizvodi so dober vir beljakovin in nekaterih nehranilnih kemikalij –fitokemikalij, ki lahko pripomorejo k zdravju. Sadje in zelenjava sta odlični viri betakarotena, nekaterih B-vitaminov in askorbinske kisline in fitokemikalij.

Mlečni proizvodi (mleko, jogurt,...) so dober vir kalcija, beljakovin in riboflavina.

Mešanje različnih živil pa lahko še dodatno pripomore k optimizaciji hranilnega profila živil, ki vsebujejo OH vključno z dodatki k športni prehrani v obliki energetskih ploščic in nadomestkov obrokov. Večina naravnih virov OH pa vsebuje nizke količine maščob, kar je ugodno s stališča kontrole TM.

### 3.6.2.9. Pomen OH v procesu kontrole TM

Bilanca OH je zelo natančno uravnavana (Flatt 1992 v Manore, 2005). Z vnosom OH se namreč stimulira shranjevanje v glikogenske zaloge, oksidacija glukoze in preprečevanje oksidacije maščob. Ogljikovi hidrati se pod vplivom inzulina tudi pri velikem vnosu shranjujejo predvsem v obliki glikogena ali se oksidirajo. Prevladujoča oksidacija OH vodi do tega, da se pri hiperenergijski prehrani pretežno maščobne kisline iz hrane kopičijo v maščobnem tkivu. Šele pri zelo velikem vnosu ogljikovih hidratov (več kot 400-500 g na dan pri mladih odraslih) pride pri človeku do povečane »de novo« sinteze nasičenih maščobnih kislin iz glukoze (v majhnem obsegu tudi iz fruktoze), ki se uskladiščijo v maščobno tkivo (Referenčne vrednosti...,2004). Pretvorba odvečnih OH v trigliceride pa naj bi se pri ljudeh v normalnih okoliščinah ne odvijala v velikem obsegu (Acheson s sod., 1988; Hellerstein s sod., 1991 v Manore, 2005).



V procesu kontrole telesne mase imajo OH pomembno vlogo zaradi naslednjih značilnosti (Summerfield, 2001):

- termičnega učinka pri metabolizmu (višjega od maščob);
- prehrana z nizkim vnosom maščob in veliko zelenjave podpira hujšanje;
- višek OH oksidira ali se spravi v glikogenske rezerve in se ne pretvori v maščobe tudi kadar jih zaužijemo v prevelikih količinah;
- OH dajejo občutek sitosti.

Pri redukcijskih dietah se svetuje hrana z nizkim glikemičnim indeksom (Občutek sitosti, navadno manj maščob). Živila z nizkim GI so predvsem: sveže sadje (kislo) in zelenjava, škrobna živila z nizkim GI, kruh z nizkim GI, žitarice z nizkim GI, zrna z nizkim GI, fižol, leča, oreščki in semena. Dolgotrajno uživanje hrane z OH z visokim GI predstavlja tveganje za razvoj debelosti (Dervišević in Vidmar, 2009).

Saharoza ali namizni sladkor se pogosto krivi za razvoj debelosti in diabetesa. Vendar American Diabetic Association in Canadian Diabetic Association navajata, da je količina zaužitih OH pomembnejša od tipa. Kljub temu pa poleg velikega energijskega vnosa nima nobene hranilne vrednosti (Summerfield, 2001).

#### **3.6.2.10. Priporočen vnos OH v procesu športne vadbe in pri kontroli TM (dnevni, pred med in po vadbi)**

Odrasli na dan presnovijo vsaj 180 g glukoze. Od tega v možganih običajno izgore okoli 140 g v ogljikov dioksid in vodo. Preostalih 40 g glukoze pa predvsem eritrociti razgradijo v laktat in piruvat, iz česar se v jetrih spet sintetizira glukoza (Corijev cikel). Prek telesu lastne glukoneogeneze iz aminokislin, laktata ali glicerola se na dan zagotovi okoli 130 g glukoze. S tem se lahko kratkoročno pokrijejo potrebe po glukozi. Pri daljšem postu se po prilagoditvi presnove potrebe možganov po energiji v precejšnji meri krijejo z izgorevanjem ketonskih snovi (Referenčne vrednosti...,2004).

V sorazmerju s celotnim dnevnim vnosom energije naj bi ogljikovi hidrati predstavljali največji delež, kar pomeni med 50 do 55 %. Za športnika je nujen višji vnos, ki je nekje med 55 do 70 % celotnega dnevnega vnosa energije. Priporočljiv dnevni vnos ogljikovih hidratov za večino športnikov naj bi znašal od 4 do 6 g/kg. Žita predstavljajo glavni vir ogljikovih hidratov, saj predstavljajo 50 % vseh zaužitih ogljikovih hidratov. Sledijo sladila, užitne korenine (krompir), zelenjava, sadje in mlečni izdelki (Benardot, 2006).

**Tabela 20:** Okvirne dnevne potrebe po ogljikovih hidratih pri športnih aktivnosti (Dervišević in Vidmar, 2009)

Oblika vadbe	Potrebe po OH (g OH/kg TT/dan)
Redno aktivni:	4,5 – 5
Športi moči:	5 -6
Vzdržljivostni športi (trajanje več kot 90 min):	8-10

Dlje ko traja športna aktivnost in večja kot je telesna teža športnika, večja je dnevna potreba športnika po OH.

Glede na trajanje treninga pa znašajo dnevne potrebe pri športnikih (Dervišević in Vidmar, 2009):

- 1 ura treninga: 6 g OH/kg TT/dan
- 2 uri treninga: 8 g OH/kg TT/dan
- 3 ure treninga: 10 g OH/kg TT/dan
- 4 ure in več: 12 g OH/kg TT/dan (visoko ogljikohidratni napitki za razbremenitev želodca).

**Tabela 21:** Zahteve po OH pri športnikih (Bernadot, 2006)

Aktivnost ali čas vnosa	Priporočen vnos	Primer
Takojšnja obnova (0-4 ure po vadbi)	1 g OH/kg TT/uro (zaužiti v pogostih intervalih)	70 kg športnik naj bi zaužil 70 g OH (280 kCal) tkoj po vadbi in nato dodatnih 70 g/uro prve 4 ure.
Dnevna obnova po zmerno dolgem, nizko-intenzivnem programu vadbe	5 – 7 g OH/kg TT/dan	70 kg športnik naj bi zaužil 350 – 490 OH (1,400 – 1,960 kCal) preko celega dneva (vključno s količino zaužito za takojšnjo obnovo).
Dnevna obnova po zmernem do težkem programu vadbe	7 – 12 g OH/kg TT/dan	70 kg športnik naj bi zaužil 490 – 840 g OH (1,960 – 3,360 kCal) preko celega dneva (vključno s količino zaužito za takojšnjo obnovo).
Dnevna obnova po ekstremno napornem programu vadbe s trajanjem 4+ ure		70 kg športnik naj bi zaužil 700 – 840 g OH (2,800 – 3,360 kCal) preko celega dneva (vključno s količino zaužito za takojšnjo obnovo).

Pomembno vlogo v prehrani športnika pa imajo tudi vlaknine, ki jih je potrebno zaužiti vsaj 20 g dnevno (Dervišević in Vidmar, 2009). Referenčne vrednosti za vnos hranil (2004) pa navajajo da bi morali odrasli vnesti vsaj 30 g vlaknin na dan. Športnik pa naj bi se izogibal uživanju vlaknin pred vadbo ali tekmovanjem (Kozjek, 2004), da se izogne prebavnim motnjam.

### OH in kontrola TM

Najnižja meja za vnos OH naj bi bila 50 – 55 % dnevnega energijskega vnosa, zgornja pa 75 %, pri čemer naj bi vnos vlaknin ustrezal 20-35 g dnevno in sladkorji ne presegali 10 % dnevnega vnosa (Summerfield, 2001). Športniki morajo pri shujševalnih dietah paziti, da je vnos OH dovolj visok (60-70% dnevnega energijskega vnosa) in zmanjšati vnos maščob (Manore, 2005). Dervišević in Vidmar (2009) navajata 55 – 65 % energijskega vnosa z OH.

Nekatere diete znižujejo količino zaužitih OH dnevno na 40 % (Conska dieta, 40:30:30), kar naj bi zniževalo izločanje inzulina in naj bi posledično vodilo k zmanjšanju telesne teže. Vendar ni dokazov za upravičenost njene uporabe v športu, saj uživanje OH z veliko vlakninami ravni inzulina ne povišajo bistveno (Dervišević in Vidmar, 2009).

Za preprečevanje glukoneogeneze iz proteinov in za zaviranje lipolize naj bi tako pri odraslem kot pri dojenčku vsaj 25 % potreb po energiji pokrivali v obliki OH (Referenčne vrednosti...,2004).

Hrano, bogato z OH, lahko uživamo v večjih količinah, ker je hitro prebavljiva in se absorbira in prispeva k potrebam po vodi. Živila, bogata z OH z veliko vlaknin, predvsem v kombinaciji z visoko vsebnostjo vode in trdno strukturo, so večjega volumna in zagotavljajo dalj časa za obedovanje, večji volumen in daljši občutek sitosti. Celo živila z manjšim odstotkom vode, ki so bogate z vlakninami, lahko zaradi daljšega časa za to, da jih prežvečimo in pojemo in zaradi občutka sitosti, omejijo vnos OH. Za športnike, ki morajo omejiti energijski vnos, je takšna hrana priporočljiva. Pri tem ni priporočljivo uživanje večjih količin hrane, bogate z OH, ki hkrati vsebujejo tudi velike količine maščob. Na primer: kruh ali žitarice iz bele rafinirane moke so bolj priporočljivi kot polnozrnatni produkti in procesirano sadje in sokovi so lažje zaužiti kot sveže sadje. Za dodaten vnos OH z majhno prostornino so, bolj kot slaščice in gazirane pijače, primerni sladkor, marmelada in sadni sirupi (povzeto po Burke, 2005).

**Tabela 22:** Praktične karakteristike živil z OH, ki lahko podpirajo ali zavirajo uživanje le-te (Burke, 2005)

	Živilo	Porcija za 100 g OH	Energija
Vsebnost vode			
Visoka	Zelen fižol	4500 g (30 skodelic)	3,1 MJ (740 kcal)
Visoka	Športni napitki	1,4 l	1,6 MJ (400 kcal)
Nizka	Žele bonboni	100 g	1,6 MJ (400 kcal)
Vsebnost vlaknin			
Visoka	Kuhan rjavi riž	310 g (2 skodelici)	1,9 MJ (450 kcal)
Nizka	Kuhan bel riž	310 g (2 skodelici)	1,9 MJ (450 kcal)
Vsebnost maščob			
Visoka	Rogljčki	290 (4-5)	4,6 MJ (1100 kcal)
Nizka	Štručke kruha	210 (2-3)	2,2 MJ (530 kcal)

### 3.6.3. Maščobe

Med maščobe (lipide) prištevamo številne spojine rastlinskega in živalskega izvora, katerih skupna lastnost je, da so topne v organskih topilih. V osnovi ločimo enostavne (t.i. prave maščobe in olja) in sestavljene maščobe (najpomembnejši med njimi so fosfolipidi in steroidi). Prave maščobe so estri glicerola (vrsta alkohola) in treh višjih maščobnih kislin, zato imenujemo te lipide triacilgliceroli (TG). Glicerol in maščobne kisline so kemijsko povezani z estrskimi vezmi. Osnova vsake maščobne kisline je ogrodje iz različnega števila ogljikovih atomov (Stušek in sod., 1997).

Prehranske maščobe so pomembni viri energije, posebej pri večjih energijskih potrebah (npr. pri težkem fizičnem delu). Njihova energijska vrednost je skoraj dva krat večja kot OH ali proteinih. Prehranske maščobe, ki obstajajo v naravi, sestojijo skorajda izključno iz mešanih trigliceridov, zdravi ljudje jih absorbirajo približno 98 %. Maščoba v hrani je obenem nosilec v maščobah topnih vitaminov ter okusa in arom (Referenčne vrednosti,....2004). Poleg tega so maščobe udeležene tudi pri toplotni zaščiti telesa in pri mehانيčni zaščiti organov (Dervišević in Vidmar, 2009).

Najpomembnejša komponenta prehranskih maščob so maščobne kisline (MK). Maščobne kisline so sestavljene iz alkanske verige s končno karboksilno skupino, katerih osnovna formula za popolnoma nasičene maščobne kisline je  $\text{CH}_3-(\text{CH})_n-\text{COOH}$ . Če so ogljikovi atomi med seboj povezani z enojnimi vezmi, imenujemo take maščobne kisline nasičene (z vodikom), kadar pa je med ogljikovimi atomi vsaj ena dvojna vez, govorimo o nenasičenih maščobnih kislinah. Slednje delimo na mononenasičene (enkrat nenasičene) ali polinenasičene (večkrat nenasičene). Nasičene MK se sicer večinoma vnašajo s hrano ali se tvorijo v telesu z lipogenezo iz glukoze. Mononenasičene in polinenasičene se ravno tako vnašajo s hrano ali pa se sintetizirajo iz nasičenih MK. (Referenčne vrednosti,....2004).

Po prebavi maščobe razpadejo na glicerol in maščobne kisline (Dervišević in Vidmar, 2009).

Maščobe vsebujejo življenjsko pomembne esencialne kisline (linolne, linolenske, arhidonske) in vplivajo na absorpcijo v maščobah topnih vitaminov (A, D, E, K). Posamezne maščobne kisline imajo v primerjavi z drugimi tudi varovalni učinek (oleinska kislina,  $\omega$ -3 maščobne kisline, cis-maščobne kisline itd.) (Pokorn, 1998).

Triacilgliceroli z nenasičenimi maščobnimi kislinami in s kratkimi verigami ogljikovodikov so tekoči. To so olja. Nenasičene maščobne kisline najdemo v ribah in v večini rastlinskih olj (Seeley in sod., 2002). Masti, ki so trdne že pri sobni temperaturi,

vsebujejo nasičene maščobne kisline (Stušek in sod., 1997). Najdemo jih v mesu, jajcih, oreščkih, kokosovemu olju in palmovemu olju (Seeley in sod., 2002).

### Maščobe in zdravje

Hkrati s trendom naraščanja porabe maščob in mesa se je povečala tudi nevarnost civilizacijskih bolezni. Maščobe se pojavljajo kot rizični dejavnik pri nastanku bolezni, če človek pokrije več kot 30 – 35 % energijske vrednosti obroka z maščobami.

Medicinska stroka opozarja predvsem na holesterol (skupni in LDL) in trigliceride, kot potencialno škodljive zdravju.

**Tabela 23:** Normalne zaželene vrednosti holesterola in trigliceridov v krvi (Dervišević in Vidmar, 2009)

<b>Krvne vrednosti</b>	
Skupen holesterol	< 5 mmol/l
LDL -holesterol	< 3 mmol/l
LDL -holesterol	> 1 mmol/l
trigliceridi	< 1,7 mmol/l

Obstajajo prepričljivi dokazi, da so glavne determinante razlik v dejavnikih tveganja populacije bolj v navadah in življenjskem slogu (dieta, telesna aktivnost, debelost, kajenje, uživanje alkohola) kot v genetskih razlikah. Zmanjšanje vnosa nasičenih MK C12 – 16 in njihova zamenjava z oleinsko in linolno kislino znižuje trigliceride in LDL holesterol brez znižanja HDL holesterola in ima ugodnejše učinke kot zamenjava le-teh z OH, še posebno kadar je velik del populacije prekomerno hranjen ali debel.

Nasičene in transmaščobne kisline so zdravju škodljive in jih skupaj s holesterolom povezujejo z razvojem poapnenja žil – arteroskleroze (Dervišević in Vidmar, 2009). Dokazi kažejo, da bi dolge verige n-3 MK lahko ugodno vplivale na ožilje (Sanders, 2009). Omega 3 MK preprečujejo kopičenje krvnih strdkov, sproščajo žile, odpravljajo vnetja in poškodbe celic. Velja pravilo, da naj bo v prehrani čim več nenasičenih MK in čim manj transmaščobnih MK (Dervišević in Vidmar, 2009).

Transmaščobne kisline imajo neugoden učinek na razmerje trigliceridi : HDL-holesterol. Zaradi česar je bolje zamenjati transmaščobne MK s cis nenasičenimi MK, toda nekatere vrste priprave hrane zahtevajo maščobe z visokim tališčem.

Maščobe, zaužite s hrano, nimajo jasnega vpliva na krvni pritisk, vnetja, fibrinolizo ali občutljivost na inzulin, vendar so dejavniki tveganja pod velikim vplivom debelosti. Obroki, bogati z maščobami, povzročajo postprandialno lipidemijo in pripomore k

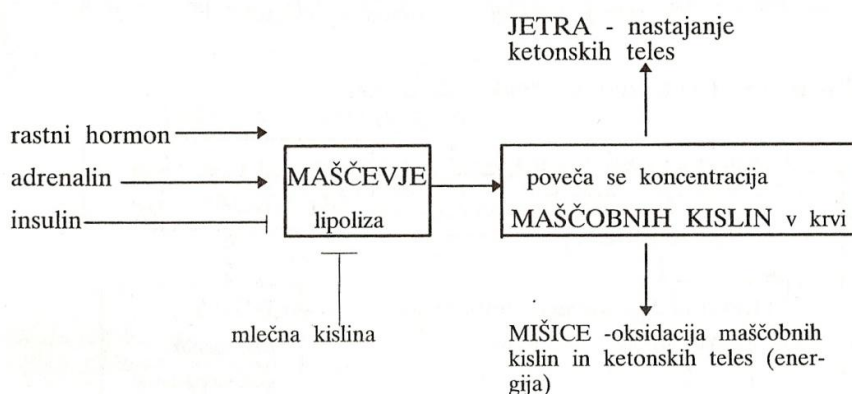
razvoju arteroskleroze, kot tudi neugodne vplive pri tveganju trombotičnih dogodkov (Sanders, 2009).

### 3.6.3.1. Presnova maščob v energetski produkciji

Maščobe so shranjene kot triacilglicerol (TG) predvsem v belem adipoznem tkivu. Le-to se mora najprej razcepiti na proste maščobne kisline (PMK) s pomočjo encima lipaze, ki se lahko nato porabijo za mišično delo. Tudi v skeletnih mišicah je shranjenega nekaj triacilglicerola (pribl. 50 g/kg suhe mase), ki se lahko porabi kot energetski vir v mišici v procesu lipolize. Ta energetski vir pa postane še pomembnejši po vadbi. Zaloge maščob so veliko večje in shranjene v učinkovitejši obliki od zalog OH. Sprostijo 37,5 kJ/g maščob (9 kCal/g maščob) (Gleeson, 2005).

V primerjavi z OH imajo maščobe večjo energetsko gostoto, zaradi česar je tudi relativna teža shranjene energije nižja. Zagotovijo tudi več ATP-ja na molekulo, vendar za to potrebujejo več kisika, kar je še posebno pomembno v pogojih omejene preskrbe s kisikom. Zaloge maščob so precej večje od glikogena, shranjenega v mišičevju in jetrih. Tako maščobne kisline (MK), shranjene v adipoznem tkivu, kot tiste, ki vstopijo v obtok po obroku, lahko služijo kot potencialni vir energije za mišično celico. Majhna, vendar fiziološko pomembna količina MK je shranjena znotraj mišičnih celic kot triacilgliceroli (TG). Skupna mišična masa naj bi vsebovala do 300 g maščob, pri čemer je večina teh maščob shranjenih v obliki malih kapljic lipidov znotraj miocitov (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005). Maščobne kisline se po krvi prenašajo vezane na albumin. Kapaciteta tega transportnega sistema je normalno dovolj velika in ne more biti omejitveni dejavnik pri oksidaciji maščob v mišicah. Maščobne kisline (MK) pa lahko izvirajo tudi iz dietnih maščob v fazi postabsorpcije (jedra triacilglicerola v ciklomikronih v krvnem obtoku in lipoproteinov zelo nizke gostote (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).

**Slika 18:** Mišične celice dobijo energijo tudi z oksidacijo maščobnih kislin (Lasan, M. 1996)



### 3.6.3.2. Faktorji, ki omejujejo oksidacijo maščob v mišici

#### Privzem (lipoliza)

»Metabolizem dolgih verig MK je zapleten in integriran proces, ki vključuje množico dogodkov: mobilizacija MK iz perifernega adipoznega tkiva, transport v plazmi, transport in prehod skozi membrano mišične celice in intersticij, transport po citoplazmi in znotrajcelični metabolizem« (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).

Mobilizacija lipidov je ključna za nadaljnjo regulacijo koriščenja MK v mirovanju ali pri vadbi. Maščobne kisline, vezane na albumin, ali shranjene v jedru cilomikronov in VLDL, se morajo, med perfuzijo mišičnih kapilar, pred transportom skozi žilno membrano ločiti. Pri tem je ključna aktivnost encima lipoprotein lipaze (LPL) in encima fosfolipaza A<sub>2</sub>.

Aktivnost LPL pospešujejo kofein, kateholamini in adrenokortikotrofni hormon (ACTH) in zavira inzulin (Jeukendrup, 1997. V: Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).

Arterijska koncentracija MK ima močan učinek na sprejetje MK v mišico v mirovanju in pri nizkointenzivni vadbi« (Bulow, 1988. V: Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005). Med transportom MK iz krvi v mišico je več ovir, ki lahko omejujejo vstop v MK, vključno membrane žilne endoteljske celice, intersticijski prostor med endotelijem in mišično celico in membrana mišične celice (van der Vusse in Reneman, 1996. V: Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).

Vir maščobnih kislin predstavljajo tudi zaloge triacilglicerola (TG) v notranjosti mišice. Med obdobji povečane kontraktilne aktivnosti v mišicah pod vplivom hormonov se poveča aktivnost encima lipaze v mišici, kar vodi k sproščanju MK iz zalog TG v mišici. Noradrenalin povzroči značilno redukcijo v zalogah mišičnega TG, medtem ko inzulin učinkuje obratno. Dokazana pa je tudi lokalna kontrola aktivnosti lipaze v mišici s pomočjo elektro stimulacije. Počasna mišična vlakna imajo, v primerjavi s hitrimi, visoko aktivnost lipaze (Gorski, 1992) in visoko vsebnost TG (Essen, 1977). Zaloge TG se z rednim vzdržljivostnim treningom lahko povečajo (Morgan s sod., 1969; Howald s sod. 1985; Martin s sod., 1996). Nekatere raziskave potrjujejo povečano izkoriščanje mišičnega triacilglicerola po vzdržljivostnemu treningu (Hurlej s sod., 1986; Martin, W.H. s sod., 1993), nekatere pa niso zaznale nobenih razlik (Kiens, B. 1993. povzeto po Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).

#### Oksidacija

Velik odstotek skupne porabe maščob v mirovanju ali pri vadbi nizke intenzivnosti prispeva oksidacija maščobnih kislin (MK). Z naraščanjem intenzivnosti vadbe se med 70 in 80 %  $VO_{2max}$  začne postopen obrat iz maščob na OH (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005). Po eni izmed možnih razlag se to zgodi zaradi povečane koncentracije



kateholaminov v obtoku, ki stimulirajo razpad glikogena. Povečuje pa se tudi tvorba laktata, ki prav tako zavira lipolizo.

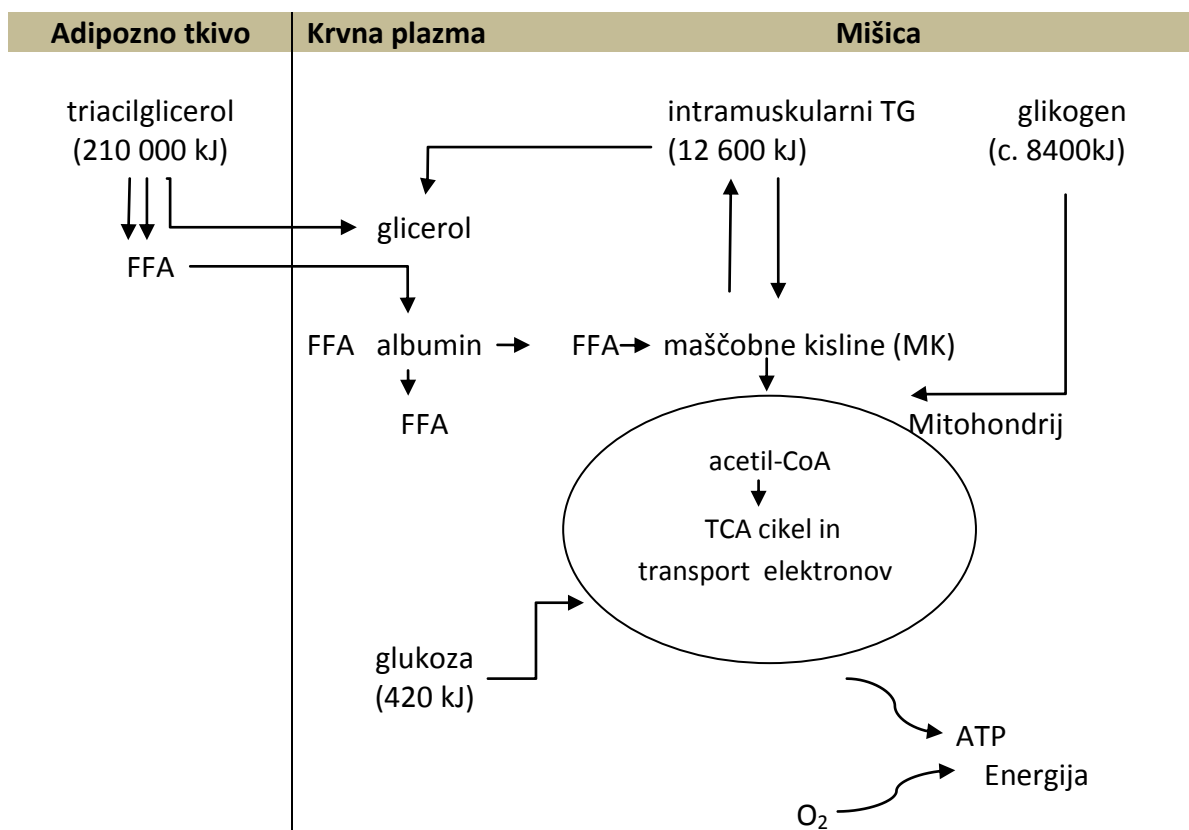
Naslednji razlog za ta obrat pri substratih je nižja stopnja produkcije ATP-ja na časovno enoto pri maščobah kot pri OH v kombinaciji z večjo potrebo po kisiku pri oksidaciji maščob. Tudi fluks MK iz krvi v mitohondrije lahko pojasni obrat. Le-ta je odvisen od koncentracije MK v krvi, gostote kapilar, kapacitete za transport skozi žilno membrano in membrano mišične celice in kapacitete mitohondrijev za sprejem in oksidacijo MK. Zadnje je odvisno od akcije transportnega sistema karnitina, ki ga regulira malonil-CoA (Winder s sod., 1989. V: Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005). Pri telesni aktivnosti se njegova produkcija zmanjša in s tem omogoči povečanje prehodnosti notranje mitohondrijske membrane za MK.

Stopnja oksidacije MK je odvisna predvsem od naslednjih procesov (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).:

- 1) lipoliza TG-a v adipoznem tkivu in TG-a v krvnem obtoku ter transport MK iz krvne plazme v sarkoplazmo;
- 2) razpoložljivost in stopnja hidrolize TG znotraj mišice;
- 3) aktivacija MK in transport skozi mitohondrijsko membrano.

V pogojih maksimalnega fluksa MK prva dva procesa predstavljata odločilna omejitvena dejavnika pri oksidaciji maščob. Kar je še posebno očitno med kratkotrajnimi intenzivnimi naporji ali v začetnih fazah dolgotrajne vadbe. V teh okoliščinah lipoliza v adipoznem tkivu in v mišičnem TG ni dovolj dobro uravnana, da bi zagotovila povečano oskrbo z MK. Rezultat je, da stopnja oksidacije MK presega stopnjo mobilizacije, kar vodi k padcu plazemskih MK in znotraj celičnih MK v mišici. Zaradi tega se poveča poraba glikogena (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).

Že majhen dvig koncentracije plazemskega inzulina, zaradi zaužitja OH ( $0,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), je dovolj, da zavre lipolizo in s tem oksidacijo maščob med vadbo.



**Slika 19:** Vključevanje energijskih virov (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005)

### 3.6.3.2. Pomen v maščob procesu športne vadbe in kontrole TM

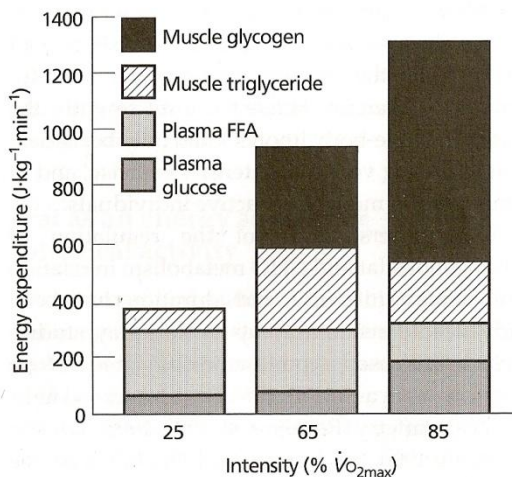
Faktorji, ki vplivajo na oksidacijo maščob (Jeukendrup, 2008):

- intenzivnost vadbe,
- način prehranjevanja,
- trajanje vadbe,
- oblika vadbe,
- spol.

#### Učinki intenzivnosti vadbe na presnovo maščob

Pri aktivnosti nizke intenzivnosti (25%  $VO_{2max}$ ) je močno stimulirana periferna lipoliza (iz adipocitov), medtem ko je lipoliza znotraj mišičnih triacilglicerolov (TG) majhna. Oksidacija OH pa se odvija le na nivoju krvne glukoze in malo ali nič iz mišičnega glikogena. Stopnja pojavnosti MK v plazmi je najvišja pri 25%  $VO_{2max}$  in z naraščanjem intenzivnosti vadbe pada, medtem ko narašča prispevek k produkciji energije iz mišičnih zalog TG in glikogena. Skupna oksidacija maščob je torej največja pri 65%  $VO_{2max}$ . Pri tej intenzivnosti lipoliza v perifernih adipocitih in znotraj mišičnih zalogah TG dosega najvišje vrednosti in prispeva približno enako k stopnji skupne osidacije maščob. Pri povečanju intenzivnosti vadbe na 85%  $VO_{2max}$  skupna oksidacija maščob

upade zaradi padca sproščanja MK v plazmo, kar je verjetno posledica povečanja plazemskih kateholaminov v obtoku, ki stimulirajo glikogenolizo in porabo plazemske glukoze (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).



**Slika 20:** Poraba posameznih substratov med vadbo (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).

#### Način prehranjevanja

Dieta, bogata z OH, zavira oksidacijo maščob in dieta z nizkim vnosom OH povzroči visoko stopnjo oksidacije maščob. Zaužitje OH nekaj ur pred vadbo dvigne inzulin in posledično zavre oksidacijo maščob tudi do okoli 35 %. Efekt inzulina lahko traja tudi od 6 – 8 ur po zaužitju, kar pomeni, da je največjo stopnjo oksidacije moč doseči z vadbo zjutraj na tešče (Jeukendrup, 2008).

#### Učinki diete bogate z maščobami na vadbo

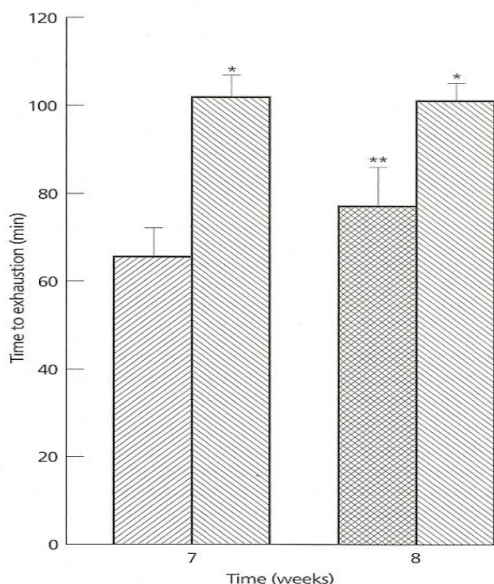
Bilanca maščob ni tako natančno regulirana kot pri beljakovinah in OH (Flatt, 1992 v Manore, 2005). Oksidacija maščob ne narašča proporcionalno z njenim vnosom. Vnos maščob ima le manjši vpliv na oksidacijo le-teh. Višek vnesenih maščob pa se shrani v obliki trigliceridov v adipocite z manjšo energijsko izgubo (Acheson s sod., 1984; Swinburn in Ravussin, 1993 v Manore, 2005).



Glede na pregledano literaturo, ki temelji na študijah na ljudeh, lahko potegnemo sledeče zaključke (Kiens in Helge, 2005):

- Akutno povečanje razpoložljivosti maščob v obtoku ne povzroča nikakršnega jasnega učinka na vzdržljivostno vadbo.
- Kratkoročno uživanje visoko maščobne diete (3-5 dni) vodi v poslabšanje pri vzdržljivostnem nastopu v primerjavi z uživanjem diete, bogate z OH.
- Prilaganje na dieto, bogato z maščobami v kombinaciji z vadbo, ne slabi vzdržljivostne predstave v primerjavi z dieto, bogato z OH, kadar traja od 1-4

tedne. Toda po 7-ih tednih takšne diete je vzdržljivostni nastop izrazito boljši pri dieti, bogati z OH.

- Preklop na dieto, bogato z OH, po dolgotrajnem prilagajanju na visoko maščobno dieto ne daje nobenih koristi, v primerjavi z nenehnim uživanjem OH.

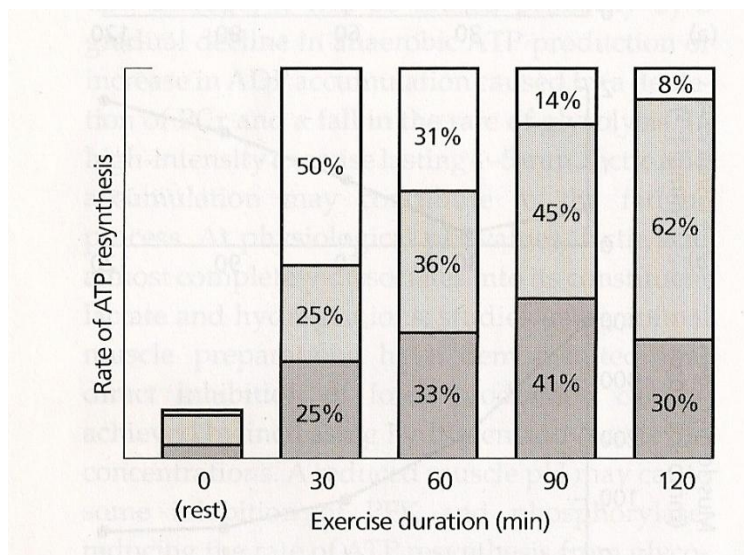


**Slika 21:** Vzdržljivostna vadba do izčrpanosti na ergometru Krogh po 7-ih tednih na dieti bogati z maščobami  ali na visoko OH dieti , obe skupini sta nato vadili 1 teden ob dieti, bogati z OH (Kiens in Helge, 2005)

#### Učinki trajanja vadbe na presnovo maščob

»Pri raziskavah vpliva trajanja vadbe na metabolizem maščob so se pokazale majhne ali pa neznatne spremembe v stopnji oksidacije maščob in OH po dveh urah nizko intenzivne vadbe (25 %  $VO_{2max}$ ) v primerjavi s prvimi 30-imi minutami. Toda pri intenzivnosti 65 %  $VO_{2max}$  je opaziti postopno povečanje v stopnji pojavnosti MK v plazmi (in domnevno njihovo oksidacijo) in razpoložljivost glukoze s časom, kar sicer še ni dokazano.

Zelo verjetno je, da se prispevek znotraj mišičnih substratov k skupni energijski porabi zmanjšuje z daljšanjem trajanja (>90 min) med dolgotrajnimi obremenitvami zmerne intenzivnosti (65%  $VO_{2max}$ ) (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).



**Slika 22:** Spremembe v relativnem prispevku glavnih energetskih virov za resintezo ATP med dolgotrajno submaksimalno vadbo pri intenzivnosti okoli 70%  $VO_{2max}$  (Hawley, Jukendrup in Brouns, 2005).

**Legenda:**

- -krvna glukoza
- -plazemske proste maščobne kisline
- -mišični glikogen in triacilglicerol

Učinek oblike vadbe

Pokazalo se je, da je oksidacija maščob pri dani porabi kisika višja pri hoji in teku, kot pri kolesarjenju. Razlog ni poznan, vendar se domneva, da je to povezano z večjo produkcijo moči na mišično vlakno pri kolesarjenju v primerjavi s hojo ali tekom (Jeukendrup, 2008).

Vloga razlik med spoloma

Raziskave so pokazale višjo stopnjo oksidacije maščob med vadbo pri ženskah kot pri moških (Jeukendrup, 2008).

### 3.6.3.3. Oblike in viri maščob

**Tabela 24:** Glede na kemično strukturo se maščobe delijo na več vrst (Dervišević in Vidmar, 2009).

DELITEV MK	Viri				
<b>Mononenasičene</b>	Olive, repno seme, orehi, lešniki, pistacije, mandeljni, kikiriki, avokado, in njihova olja				
<b>Polinenasičene</b>	<table><tr><td>Omega 3 MK (linolenska)</td><td>Plave ribe, sardele, tuna, losos, lokarda makrela, jester, jezerska postrv, haringi, sardine, oreh, laneno in repino seme, soja, in njihova olja (alfa linolenska kislina)</td></tr><tr><td>Omega 6 MK (linolna)</td><td>Sončnično seme, pšenični kalčki, sezam, orehi, soja, koruza</td></tr></table>	Omega 3 MK (linolenska)	Plave ribe, sardele, tuna, losos, lokarda makrela, jester, jezerska postrv, haringi, sardine, oreh, laneno in repino seme, soja, in njihova olja (alfa linolenska kislina)	Omega 6 MK (linolna)	Sončnično seme, pšenični kalčki, sezam, orehi, soja, koruza
Omega 3 MK (linolenska)	Plave ribe, sardele, tuna, losos, lokarda makrela, jester, jezerska postrv, haringi, sardine, oreh, laneno in repino seme, soja, in njihova olja (alfa linolenska kislina)				
Omega 6 MK (linolna)	Sončnično seme, pšenični kalčki, sezam, orehi, soja, koruza				
<b>Transmaščobne kisline</b>	Cvrta in pečena mast, hidrogenizirano rastlinsko olje, uporabljeno v biskvitih, kolačih, tortah, mlečnih in sirnih izdelkih, mastno meso (govedina, ovčetina), pogače, pecivo.				

### 3.6.3.4. Priporočen vnos maščob v procesu športne vadbe in pri kontroli TM

Priporočila medicinske stroke glede deleža maščob v prehrani (Dervišević in Vidmar, 2009):

- delež maščob v prehrani ljudi naj ne bi presegel 30 % energijske porabe,
- vsaj 80 % maščob naj predstavljajo nenasičene maščobne kisline,
- v deležu maščob naj ne bo več kot 10 % nasičenih maščobnih kislin.

Takšno priporočilo lahko okvirno velja tudi za prehrano športnikov. Količina od 1 g M/kg TT/dan zdravih maščob je še sprejemljiva tudi za športnike (Dervišević in Vidmar, 2009).

Zmanjšanje vnosa maščob je pomembna strategija za športnike, ki imajo omejitve pri energetskem vnosu, na primer tisti, ki želijo doseči ali vzdrževati nizek nivo maščob, ali

športniki, ki tekmujejo v estetskih/umetnostnih športih, kot je gimnastika, umetnostno drsanje, ker morajo ohraniti vitkost brez prispevka vadbe visoke energijske potrošnje.

»V kolikor želimo izgubiti telesno maščobo, mora biti energijski vnos nižji od potrošnje, oksidacija maščob pa mora preseči vnos« (Westerterp 1993. v Manore, 2005). Lemon (1995) svetuje, da se vnos maščob ob omejenem energijskem vnosu omeji na 15 – 25 % in se vzdržuje visok nivo vnosa OH in beljakovin (V Manore, 2005). Realen cilj pri dnevnem uživanju maščob naj bi bil 40 – 60 g (40 g ženske in 50-60 g za moške) (Cardwell, 2006).

### **3.6.4. Alkohol**

Alkoholne pijače (vino, pivo in žganje, likerji) pogosto spremljajo naše vsakdanje obroke hrane. Alkoholne pijače imajo veliko "praznih" kalorij in malo ali sploh nič esencialnih in/ali zaščitnih snovi (Pokorn, 2005). Z uživanjem alkoholnih pijač lahko povzročimo različna bolezenska stanja. Enolična prehrana ob rednem uživanju alkoholnih pijač lahko pripelje do nedohranjenosti. Človek izgublja težo, če živi od alkohola oz. če del ogljikovih hidratov zamenja z alkoholom v energetsko enakovredni dieti. Tako zaužijemo manj življenjsko pomembnih hranil ter z alkoholom nadomeščamo čisto energijo (Pokorn, 1996).

Alkohol se v telesu 95 % izkoristi za pridobivanje energije. Približno 5 % pa se izloči z urinom, znojenjem in izdihanim zrakom (Referenčne vrednosti..., 2004). Že majhni odmerki alkohola zmanjšajo zmogljivost mišic. Na centralno živčevje alkohol zaradi blokade aktivirajočih in blokirajočih nevronov deluje tako umirjajoče kot tudi poživljajoče. Ko narašča raven alkohola v krvi, vplivajo ti akutni učinki na centralno živčevje prek motenj hoje in podaljšanja reakcijskega časa do nezmožnosti za koordinirane reakcije (Referenčne vrednosti..., 2004).

Meje zgornje vrednosti vnosa, nad katero škodljivi učinki alkohola presegajo možne pozitivne učinke, ni mogoče navesti, saj je treba vedno računati tudi na individualno različna tveganja. Vendar splošno velja, da lahko odrasli moški v starosti 25 do 51 let zaužijejo povprečno 7 % energije v obliki alkohola na dan, ženske pa polovico manj (Referenčne vrednosti..., 2004).

#### **3.6.4.1. Pomen alkohola pri kontroli TM**

Zaužiti alkohol postane primarno gorivo, dokler ni očiščen iz telesa zaradi hitrega naraščanja oksidacije. Ravno tako zavre oksidacijo maščob, v manjši meri kot OH in beljakovine (Shelmet s sod. 1988). Alkohol se ne shrani kot maščoba in ne prispeva k formaciji glikogena. Prispeva pa veliko k skupnemu energijskemu vnosu (29,4 kJ/g oz. 7 kcal/g) in tako posredno vpliva na skladiščenje maščob (Manore, 2005), zato uživanje alkohola v procesu kontrole telesne mase ni priporočljivo.

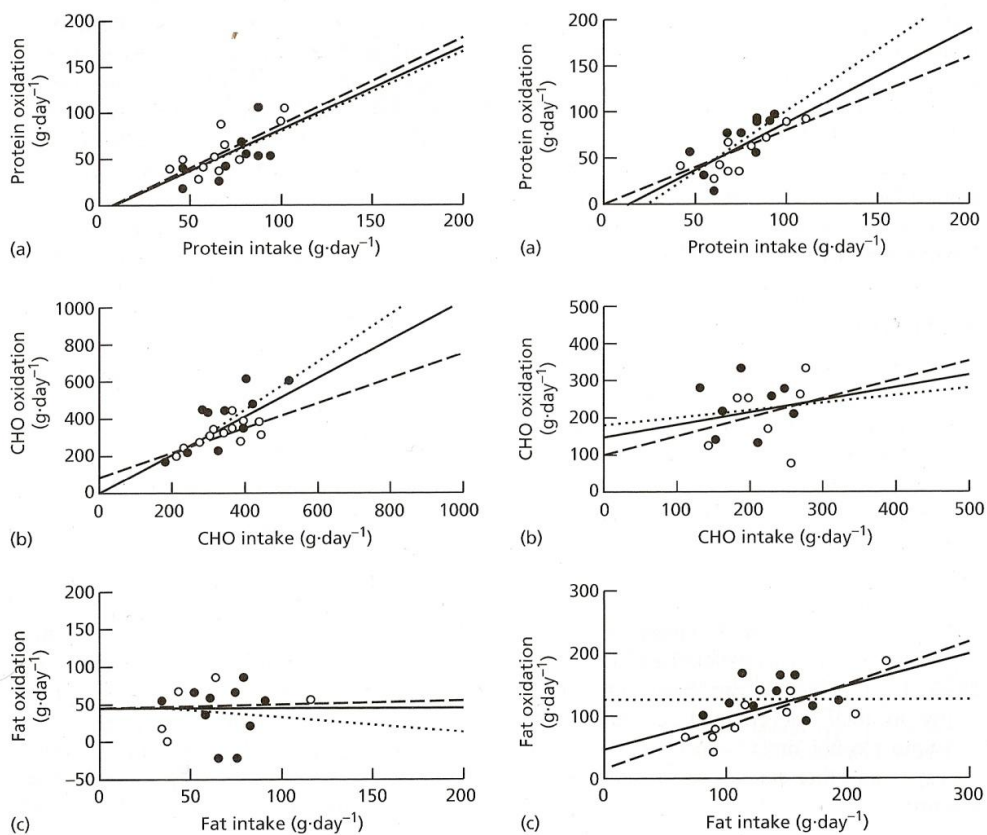


### 3.7. ENERGIJSKI VNOS PRI KONTROLI TM

Človek potrebuje energijo za rast, razvoj, vzdrževanje tkiv, telesno toploto in delo. Le kakih 25 % energije, ki jo dobi s hrano (kemična energija), lahko spremeni v mehanično delo (Pokorn, 1996).

Naše telo se veskozi trudi tudi vzpostavljati ravnovesje. Enako se obnaša tudi pri spremembah v energijskem vnosu. S pomočjo treh spremenljivk: bazalnega metabolizma (BM), termičnega učinka hrane in telesne aktivnosti poveča ali zmanjša potrošnjo energije glede na vnos. Pri stradanju ali zelo nizkem kalorijskem vnosu se vsi trije faktorji znižajo. »Dramatičen prikaz tega je 20-30% zmanjšanje BM pri bolnikih po nekajtedenski nizkokalorični dieti ali postu« (Wilmore in Costill, 1999) Nasprotno pa se zgodi pri prenašanju. Takrat telo poizkuša preprečiti nepotrebno kopičenje zalog, zaradi česar se vse tri vrednosti povečajo. Ključno vlogo pri teh adaptacijah naj bi imel simpatični živčni sistem, ki uravnava telesno težo okoli neke »točke ustalitve«. Poizkus na podganah (Wilmore in Costill, 1999) je pokazal spremembo točke ustalitve na višjo vrednost po 6-ih mesecih visoko maščobne diete. Po njenem koncu se je njihova teža ustalila na precej višji vrednosti. Pri dieti, ki je trajala manj kot 6 mesecev, pa se je njihova teža ustalila na enaki vrednosti kot prej. Kaže torej, da je sestava diete zelo pomembna. Očitno velike količine vnesenih maščob prispevajo veliko k skupnemu energijskemu vnosu in pripomorejo k zvišanju točke ustalitve. (povzeto po Wilmore in Costill, 1999)

Klasična enačba energetske bilance pravi, da bo telesna teža ostala nespremenjena, v kolikor bo energijska potrošnja enaka energijskemu vnosu. Le-ta pa ne vključuje sprememb v telesni sestavi in energetskih zalogah. Za trajnejše vzdrževanje teže in telesne sestave je potrebno zagotoviti, da je energijska potrošnja enaka energijskemu vnosu in da je količina zaužitih beljakovin, ogljikovih hidratov, maščob in alkohola enaka njihovi oksidacijski stopnji (Flatt, 1992; Swinburn in Ravussin 1993. v Manore, 2005).



Visoko OH dieta: povezava med vnosom in oksidacijo a) beljakovin, b) ogljikovih hidratov (OH) in c) maščob vseh subjektov na 7-i dan visoko OH diete.

- regresijska linija za vseh 21 subjektov,
- regresijska linija za subjekte z nizkim odstotkom maščob  $O$ ,
- ..... regresijska linija za debele subjekte ●

Visoko maščobna dieta: povezava med vnosom in oksidacijo a) beljakovin, b) ogljikovih hidratov (OH) in c) maščob vseh subjektov na 7-i dan visoko maščobne diete.

- Regresijska linija za vseh 21 subjektov,
- regresijska linija za subjekte z nizkim odstotkom maščob  $O$ ,
- ..... regresijska linija za debele subjekte ●

**Slika 23:** Bilanca makrohranil (Manore, 2005)

### 3.7.1. Energijski vnos in kontrola TM

Naše zaloge maščob so pomembne in maščobne celice igrajo veliko ključnih vlog. Iz učbenikov vemo, da znašajo zaloge maščob okoli 15 – 18 % skupne telesne teže pri normalnih mladih moških in 25 – 30 % pri mladih ženskah. S stališča zdravja in optimalnih športnih zmogljivosti verjetno ni pametno znižati zalog telesnih maščob nižje od 5 % pri moških in 10 – 15 % pri ženskah. Obstajajo tudi dobri dokazi, da je pri nižjih zalogah maščob imunski sistem okrnjen (Maughan, 2008). Obstajajo pa tudi optimalne vrednosti odstotkov podkožnega maščevja za posamezne športe.

Razlogi za višek telesnih maščob (Burke, 1994):

- genetski faktorji;
- količina zaužite hrane;
- vnos maščob;
- energijska poraba z dnevnimi aktivnostmi;
- socialni dejavniki;
- psihološki dejavniki;
- fiziološki dejavniki.

Športniki se morajo zavedati, da ne smejo spregledati genetskih dejavnikov procesu kontrole TM. Le-ti vključujejo razlike pri stopnji metabolizma v mirovanju, bazalne telesne temperature, encimske razlike znotraj celic, kontrolo sitosti v hipotalamusu in možne razlike v metabolizmu rjave maščobe. Zavedati pa se mora svoje odgovornosti za količino in tip vnesene hrane in pijače, ter količino in intenzivnost njihovih programov vadbe (Burke, 1994).

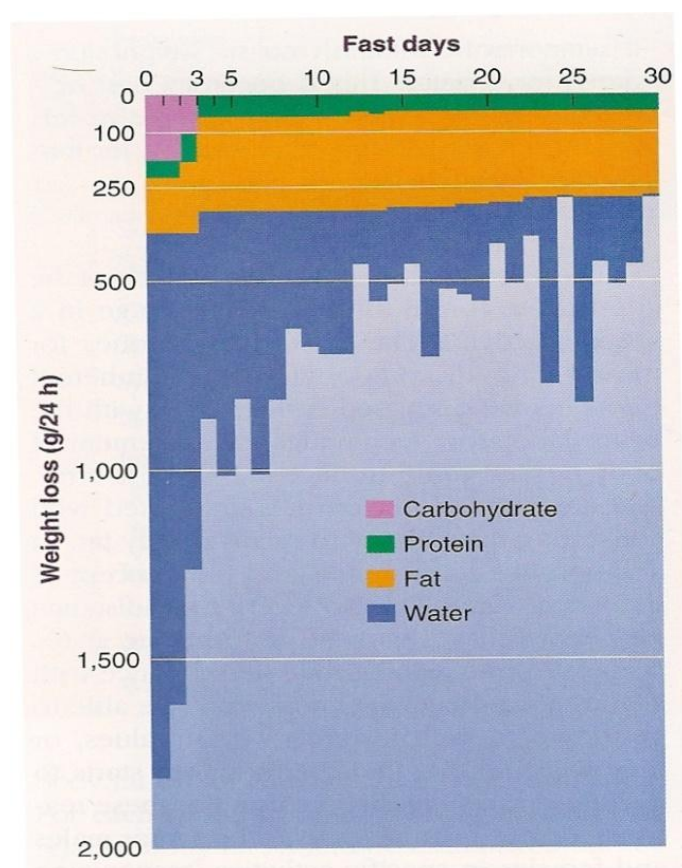
Preden posameznik prične s hujšanjem (izgubljanjem maščobnih zalog), si mora izdelati dober plan, da se izogne neproduktivnim metodam. Ni priporočljivo hujšanje med obdobji zelo intenzivne vzdržljivostne vadbe (Manore, 2005). Bistvo zmanjševanja teže je energijsko neravnovesje (večja poraba kot vnos). To je možno doseči z zmanjšanjem vnosa energije (prehrana), z večjo porabo energije (telesna aktivnost) ali s kombinacijo obojega. Zdi se, da je najbolj optimalno, če se 50 % potrebnega energijskega deficita doseže s povečano telesno aktivnostjo in 50 % z zmanjšanjem energijskega vnosa s prehrano (Dervišević in Vidmar, 2009).

Pravilo počasnega zgubljanja (0,5 – 1 kg na teden oziroma ne več kot 1 – 2 % telesne teže na teden) z zdravstvenega vidika velja tako za športnike kot nešportnike (Dervišević in Vidmar, 2009). Za izgubo enega kilograma maščob shranjene maščobe je potreben energijski deficit 7000 kkal. Izkušnje kažejo, da je tedenski deficit pomembnejši od dnevnega (Wilmore in Costill, 1999, Dervišević in Vidmar, 2009).

Na splošno je potrebno reducirati energijski vnos za 10-25 %, prbl. 1680-3360 kJ oz. 400-800 kCal dnevno (Manore, 2005). Dervišević in Vidmar (2009) priporočata zmanjšanje vnosa za 500 – 700 kcal od običajnega.

Restriktivne diete in posti niso priporočljivi. Še posebno naj se je izogibajo športniki. Zmanjšan vnos OH in beljakovin posledično vpliva na težjo obnovo glikogenskih rezerv in obnovo ter izgradnjo mišičnega tkiva. Takšne diete povzročajo tudi večjo občutljivost na poškodbe in občutek utrujenosti, kar ima negativne posledice na samozavest in s tem na športnikove dosežke. Ne nazadnje pa tudi pospešujejo izgubo puste telesne teže in tako trajno znižajo BM. Vsi ti faktorji skupaj z občutkom pomanjkanja pripomorejo k opustitvi diete (Manore, 2005). Pri hitrem izgubljanju kilogramov v kratkem času, je izguba maščob minimalna, pri precejšnji izgubi pustega tkiva in vode (Westerterp in Saris, 1992).

Za večino ljudi je nemogoče izgubiti, tudi pri popolnem postu, več kot 1,8 kg maščob na teden. Toda pri tem se bazalni metabolizem upočasni za 20 – 25 %, zaradi česar se športnikov deficit zmanjša in zato izgublja manj maščob (Wilmore in Costill, 1999).



**Slika 24:** Sestava izgubljene teže pri 30 dnevnom postu (Wilmore in Costill, 1999)

Energijsko omejitev je potrebno načrtovati glede na telesno velikost telesa, starost, spol s fokusom na izgubi maščobnih zalog in ohranitvi puste telesne mase. Stopnja omejitve energijskega vnosa bo odvisna od telesnih razsežnosti, tipičnega energijskega vnosa in potrošnje ter časa, ki ga imamo na voljo za hujšanje (Manore, 2005). Avtorica torej odsvetuje stradanje ali omejitev energijskega vnosa preveč strogo. Energijskega vnosa naj ne bi smeli znižati pod 1200-1500 kCal za ženske in 1500-1800 kCal za moške. Zmanjšanje energijskega vnosa je potrebno zagotoviti z redukcijo B, OH, in M, brez popolne izključitve OH ali M. Dervišević in Vidmar (2009) priporočata 55 – 65 % OH, 15 – 20 B in 20 – 25 % maščob.

V kolikor je energijski vnos športnika nižji od 7,6-8 MJ dnevno (1800-1900 kCal dnevno), je ogrožen zadovoljiv vnos hranil. Pri dolgotrajnih energijskih omejitvah pa se lahko pojavijo tudi prenizki vnosi mikrohranil, kot so kalcij, magnezij, cink, železo, kompleks vitaminov B (Manore, 2005). Zaradi tega bi lahko bilo nujno uporabljati vitaminsko mineralne dodatke, še posebno kadar je takšna restrikcija energijskega vnosa daljša od 3-4 tedne (povzeto po Manore, 2005).

Če ni dovolj energije glede na dnevne, tedenske energijske potrebe, če hrana ne vsebuje dovolj vitaminov in prvin in če poskrbimo, da pri zmerni energijski porabi ne pride do izsušitve telesa in znižanega krvnega sladkorja (hipoglikemije), je telesna sposobnost še dovolj dobra pri 10 % izgubi telesne mase. Prvi znak pomanjkanja hrane je utrujenost. Deset dni brez hrane je še združljivo z ustrezno delovno storilnostjo (Pokorn, 1996). Z izgubo telesne mase, zlasti mišične mase, se zniža tudi največja možna količina vdihanega kisika; posledica je manjša storilnost, moč, vzdržljivost pri delu in športu (Pokorn, 1996).

Strategije za kontrolo telesne mase in telesnih maščobnih zalog ob vzdrževanju vadbe (Maughan, 2008):

- bodite pozorni na količino zaužite hrane pri obrokih, da preprečite prenajedanje iz navade;
- privoščite si pazljivo izbrane malice med obroki, da boste zagotovili visok nivo goriv za vadbo ali se izognili prekomernemu občutku lakote. Izogibajte pa se malicanju za zabavo, za ugodje ali zaradi druženja. Bolje, kot pojesti preveč, je, da shranimo del obroka za kasneje;
- uporabite nizko maščobno ali vsaj strategijo reduciranih maščob pri izbiri, kuhanju ali pripravi hrane;
- vključite veliko solate in zelenjave, hrano bogato z vlakninami, kadar je to možno in OH z nizkim glikemičnim indeksom, da bodo obroki in malice bolj nasitni;

- vodite dnevnik prehrane, kamor boste zapisali vse, kar pojedete in popijete v tednu, ki vam bo pomagal dognati razliko med idealnim in dejanskim vnosom. Veliko ljudi se ne zaveda navad, s katerimi sabotirajo svoje prehranjevalne cilje.

Prakse, kot so: omejitev vnosa vode, dehidracija, visoko intenzivna vadba ali velika količina vadbe neposredno pred tekmo ali uporaba laksativov in diuretikov, ki se jih poslužujejo predvsem športniki, ki tekmujejo po kategorijah in v estetskih športih se kategorično odsvetujejo.

Športnike je pomembno naučiti ločiti primerno od kvalitetno od manj kvalitetne hrane in kako omejiti vnos maščob in vodenje evidence kalorijskega dnevnega vnosa. Predvideti je potrebno tudi možnosti preobjedanja in ravnanja v takšnih primerih (Manore, 2005).

## 4. ŠPORTNA VADBA

### 4.1. DEFINICIJA ŠPORTNE VADBE, NAČELA IN ZAKONITOSTI

»Športna vadba je po znanstvenih, zlasti pedagoških načelih zgrajen proces športnega izpopolnjevanja, ki z načrtnim in sistematičnim delovanjem učinkuje na takšno tekmovalno zmogljivost, ki omogoča športniku najvišje tekmovalne dosežke v izbrani športni disciplini« (Haare, 1973 v Ušaj, 2003).

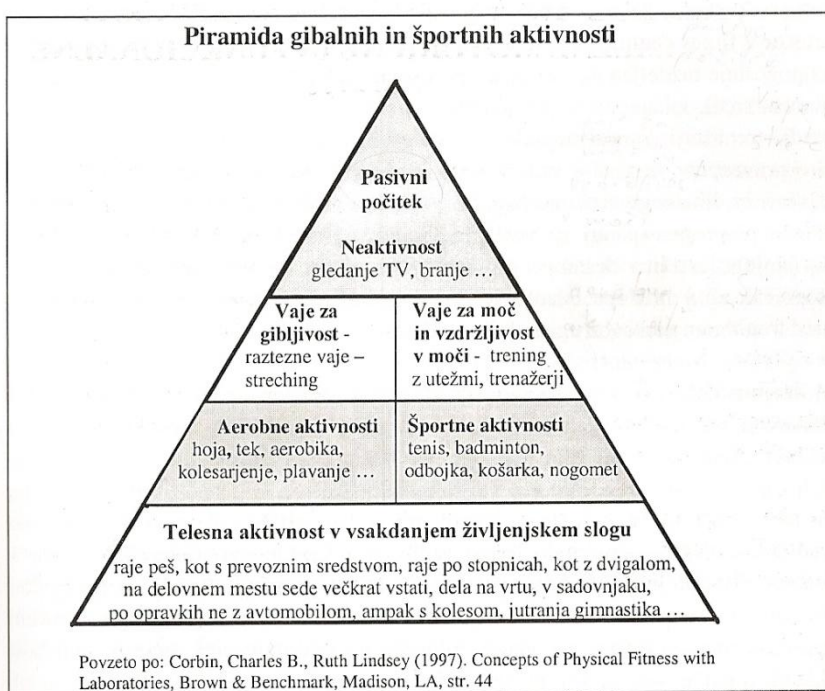
Sistem športne vadbe je kompleksen, nepredvidljiv, dinamičen in celovit sistem. Nanj delujejo posredni (športnikove značilnosti, trener in vadba) in neposredni dejavniki (ekonomski status, socialni status in življenjske navade). S športno vadbo želimo vplivati na športnika tako, da bo rezultat optimalen, torej da bo napredek optimalen. V kolikor sta v sistem vpletena le trener in športnik, moramo nujno zreducirati število dejavnikov na takšno, ki omogoča dovolj dobro obvladovanje. Obravnavati je potrebno tiste dejavnike, za katere verjamemo, da so najbolj bistveni v procesu. Takšen sistem imenujemo model športne vadbe. Druga možnost pa je, da vpeljemo strokovni tim, s pomočjo katerega lahko obvladujemo večje število dejavnikov.

V kolikor želimo imeti proces športne vadbe pod kontrolo, moramo dosledno izvajati določena opravila. »Zato so štiri najpomembnejša opravila načrtovanje, izvedba, nadzor in ocena vadbenega procesa najpomembnejša trenerjeva opravila« (Ušaj, 2003).

## 4.2. DNEVNA TELESNA AKTIVNOST, ŠPORTNA VADBA IN KONTROLA TM

### 4.2.1. Dnevna telesna aktivnost

Piramida gibalnih in športnih aktivnosti nam priporoča veliko gibanja pri vsakodnevni aktivnosti (raje peš, kot s prevoznim sredstvom,...), ki sicer ne predstavljajo dovolj velikega dražljaja, ki bi mu sledilo povečanje sposobnosti. Kljub temu pa lahko precej pripomore k dnevni energijski potrošnji in s tem k negativni energijski bilanci. Zatorej je pomembno upoštevati in dobro izkoristiti tudi ta dejavnik.



**Slika 25:** Piramida gibalnih športnih aktivnosti (Sila, 2001)

### 4.2.2. Vadba vzdržljivosti in TM

Na presnovo maščob ima največji vpliv vadba dolgotrajne in super dolgotrajne vzdržljivosti. Seveda ni vseeno s kakšno intenzivnostjo se lotimo takšne vadbe in kako dolgo traja. Upoštevati je treba osnovna načela in zakonitosti pri snovanju programa vadbe za kontrolo TM. Še posebno načeli individualnega pristopa, postopnosti in sistematičnosti.

Stopnjo napora lahko določimo na različne načine (Škof, 2007):

- a) Neposredni način  
 $\% \text{ napora} = (\text{FS obr} / \text{FS max}) \times 100$
- b) Karvonenov model –model rezerve frekvence srca  
 $\% \text{ napora} = (\text{FS obr} - \text{FS mir}) / (\text{FS max} - \text{FS mir}) \times 100$



**Tabela 25:** Prikaz različnih limitnih vrednosti za posamezne ravni intenzivnosti vadbe vzdržljivosti (Škof, 2007)

Raven intenzivnosti	Kriterij VO <sub>2</sub> max	Kriterij RFS	Kriterij FS max
Nizka	50 – 65	50 – 65	65 – 75
Zmerna	65 – 75/80	65 – 75/80	75 – 85
Srednja	75/80 – 90	75/80 – 90	85 – 92
Visoka	90 – 100	90 – 100	92 – 100
Najvišja	Nad 100	Do 100	Do 100

Med sproščujočim pogovornim tekom bo človek porabil 6 krat več energije kot v mirovanju. Pospešena presnova se nadaljuje tudi po končani vadbi – v fazi obnove organizma. Še 4 – 6 ur po končani vadbi bo srčni utrip povečan. Povečana ostane tudi presnova in s tem poraba energije, kar prav tako pripomore k zmanjšanju telesne maščobe (Škof, 2007).

Raziskave so pokazale, da so običajno tisti tekači, ki imajo manj podkožne tolšče hitrejši pri teku na 2 milj. Povezavo med zalogami telesnih maščob in rezultatom tekaškega testa lahko vsaj deloma pripišemo zvezi med količino opravljenega treninga in telesno sestavo. Kaže, da se odstotek podkožne tolšče znižuje v skladu s količino vadbe. Posamezniki, ki so tekli največ, so imeli najnižje vrednosti telesnih maščob, kljub temu da so jedli več (povzeto po Maughan, 2008).

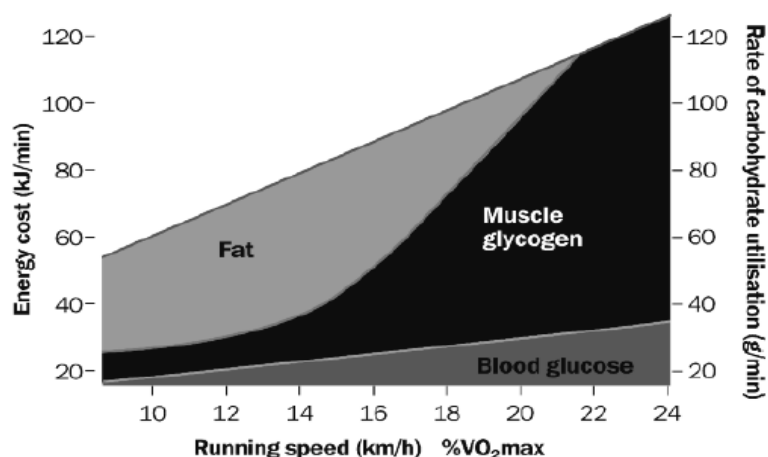
»V poročilu (Ross in sod., 2000) je prikazano, da vadba lahko povzroči značilno izgubo teže, kadar se vzdržuje energijski deficit in so ostali faktorji, ki vplivajo na energijsko bilanco, pod kontrolo« (ACSM, 2001). Učinek vadbe je lahko različen glede na spol in genetsko zasnovo, zato je moramo pri predpisovanju te faktorje upoštevati pri določanju tipa, količine, intenzivnosti in trajanja vadbe za uspešno dolgoročno izgubo telesne teže. Raziskave kažejo, da 4.5 ure zmerne aerobne aktivnosti (55-69% maksimalne srčne frekvence (FSU<sub>maks.</sub>)) tedensko, pri čemer bo znašala energetska poraba okoli 2000 kCal tedensko, skupaj s zmanjšanim energijskim vnosom, vodi k želenim rezultatom. V eksperimentu z ženskami s prekomerno telesno težo, ki je trajal 18 mesecev, je skupina, ki je vadila več kot 280 min. tedensko izgubila v povprečju približno 13 kg, kar je bistveno več kot skupina, ki je vadila 150-200 min. tedensko (5 x 30 min) in v povprečju izgubila 6,5 kg in skupina, ki je vadila manj kot 150 min. tedensko in je izgubila 3,6 kg.

Pomembno je razumeti, da je količina oksidiranih maščob med vadbo le majhna. Stopnja oksidacije maščob pri optimalni intenzivnosti vadbe v povprečju znaša 0,5 g na minuto (Jeukendrup, 2008).

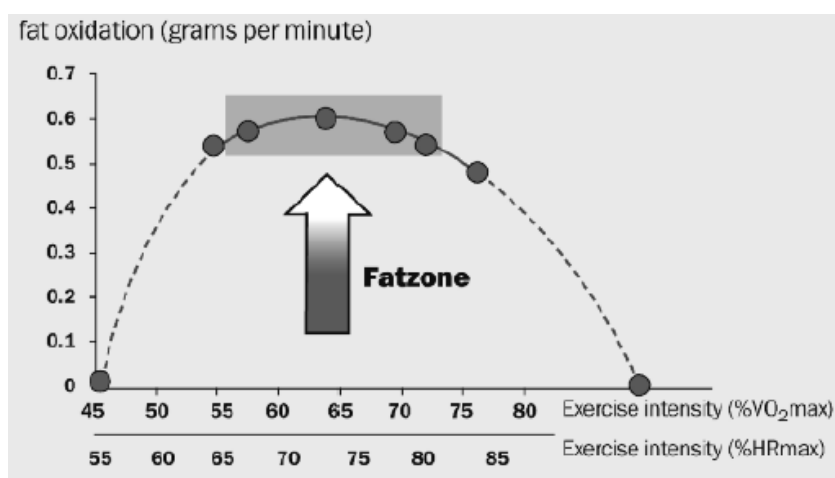
Če za lažjo predstavo poenostavimo, lahko predpostavimo, da (Maughan, 2008):

- je energijska poraba pri teku okoli 1 kkal/kg TT/km;
- razpoložljiva energija iz maščob je 9 kkal/g maščob;
- približno polovica energije, porabljene pri teku, prihaja iz maščob (ta količina je večja pri manjših hitrostih, pri treniranih tekačih, zjutraj na tešče bolj kot po obroku ogljikovih hidratov).

Poročilo ACSM (2001) priporoča postopno napredovanje, prilagojeno posamezniku, in strategije želenega obnašanja za vzdrževanje teh nivojev. Posameznik naj bi vadil 30-40 min. dnevno, pri čemer naj bi bili neprekinjeni intervali po 10-15 min. ravno tako učinkoviti kot neprekinjena vadba. V kolikor vadimo pri nizki intenzivnosti, je odstotek energije iz oksidacije maščob najvišji, vendar je energijska poraba kljub temu nizka. Pri višji intenzivnosti pa odstotek oksidacije maščob ponovno pada, a narašča skupna energijska poraba. Vadba pri zmerni intenzivnosti 62 - 63 %  $VO_{2maks}$  ali 70 - 75 % največjega  $FSU_{maks}$  je najbolj optimalna intenzivnost za oksidacijo maščob. Za manj trenirane pa je ta vrednost okoli 50 %  $VO_{2maks}$  (Jeukendrup, 2008).



**Slika 26:** Prispevek virov goriv v funkciji hitrosti teka (Maughan, 2008)



**Slika 27:** Intenzivnost vadbe in oksidacija maščob – optimalno območje (Jeukendrup, 2008)

Znano je, da imajo dobro trenirani vzdržljivostni športniki povečano kapaciteto za oksidacijo maščobnih kislin, kar jim omogoča koriščenje maščob kot goriva, kadar postanejo njihove zaloge OH omejene. Ravno tako njihovo mišičevje lahko shrani več maščob kot zaloge energije (Jeukendrup, 2008).

**Tabela 26:** Energijska poraba pri različnih dejavnostih v eni uri. Podatki so preračunani na osebo s 65 kg (Škof, 2007)

Aktivnost	Kcal/h
Tek 3:45min/km	1000
Tek 6:15min/km	600
Kolesarjenje 16 km/h	385
Kolesarjenje 25 km/h	625
Plavanje	630
Kolesarjenje	400
Vadba moči	270 - 450

#### 4.2.3. Vadba moči in TM

Študije so pokazale nižji odstotek maščobne mase pri ameriških bodibilderjih in olimpijskih dvigalcih uteži (pri moških in ženskah), kot pri študentih in študentkah. Visoko trenirani športniki, ki se ukvarjajo s športi moči, so torej vitkejši od netreniranih vrstnikov (Flack in Kraemer, 1997).

Vadba za moč po mnenju strokovnjakov ACSM ne vpliva neposredno na izgubo telesne teže. Zagotavlja pa ljudem s prekomerno telesno težo večjo funkcionalnost in s tem omogoča aktivnejši življenjski slog, ki pripomore k preventivi ponovnim pridobivanjem telesne teže, saj ohranja mišično maso, ki bi jo sicer v veliki meri izgubili zaradi restriktivne diete, ki mora spremljati vadbo. Predvsem imamo v mislih vadbo, za povečanje mišične mase, ki je najučinkovitejša pri zaviranju mišične razgradnje.

Vaje za izboljšanje ostalih psihomotoričnih sposobnosti (koordinacija, hitrost, gibljivost) verjetno ne pospešujejo bistveno energijske porabe, zaradi česar s stališča kontrole telesne teže niso učinkovite. Kljub temu pa jih je pametno vključiti v vadbo kot popestritev, sprostitev in preventivo pred poškodbami.

## 5. SKLEP

Normalna prehranjenost je pogoj za dobro zdravje pa tudi za športno uspešnost. Prekomerna podkožna tolšča predstavlja tveganje za športnikovo zdravje. V kolikor športnik želi izgubiti odvečne zaloge telesne maščobe, ne da bi pri tem trpeli športni rezultati, mora to vnaprej skrbno načrtovati že v fazi priprav. Prvi korak je torej ugotavljanje posameznikovega prehranskega statusa. Spremljanje prehranskega statusa med trenažno tekmovalnim procesom omogoča optimalno programiranje prehrane in trenažnega procesa. Obstaja več možnih preiskav za oceno stanja prehranjenosti športnika (anamneza: način prehranjevanja – vprašalnik, klinični pregled: prisotnost znakov neprimerne prehrane, antropometrija telesne razsežnosti in telesna sestava, laboratorijske analize, imunobiološke preiskave). Izmerjene vrednosti nato primerjamo z optimalnimi (iz tabel ITM -pogojno, deleža telesnih maščobnih zalog,...), kar predstavlja osnovo za načrtovanje kontrole telesne mase.

Neproduktivne metode, kot so: omejitev vnosa vode, dehidracija, visoko intenzivna vadba ali velika količina vadbe neposredno pred tekmo, ali uporaba laksativov in diuretikov se strogo odsvetujejo. Športniki se jih pogosto poslužujejo, da bi se uvrstili v zeleno kategorijo po teži ali da bi zadostili estetskimi kriterijem,....

Športnik mora v prvi vrsti zagotoviti zdravo prehrano in podpreti svoj organizem v procesu športne vadbe. Kalorijski vnos je potrebno omejiti zmerno (10 -25 %), da bo izgubljanje teže potekalo postopno (0,5 – 1 kg tedensko) in predvsem na račun odvečne telesne maščobe. Pri tem mora biti prispevek k energijskem vnosu posameznih makrohranil v optimalnem razmerju. Večina avtorjev se strinja, da je pomembno omejiti vnos OH na najmanj 50 – 55 % za običajno populacijo in 55 – 65 (največ do 70) % za športnike, pri čemer naj bo vnos vlaknin od 20 – 35 g. Kaže, da je za odziv inzulina količina OH v obroku pomembnejša od glikemičnega indeksa. Kljub temu pa se svetuje pri kontroli telesne mase uživanje takšnih virov (živil), ki imajo nizek glikemičen indeks, veliko vlaknin in s tem veliko prostornino, a manjšo energijsko gostoto, se jih žveči dlje časa in daje večji občutek sitosti. Obrok pred vadbo naj bo (približno 4 ure) v razmerju 4:1 v korist OH (izogibati se vlakninam in maščobam) v razmerju z beljakovinami. Enako tudi po vadbi, da se kar najbolj izkoristi neinzulinsko fazo obnove glikogena, bistveno pri resintezi glikogenskih rezerv.

Beljakovine naj bi v energijskem vnosu zastopale približno 15 – 20 % pri dnevnem energijskem vnosu. Potrebe nešportnikov pa so po navadi le okoli 8 %. Kot gorivo se vključujejo v energijsko presnovo le v manjših količinah. Njihova večja poraba nastopi v obdobju stradanja in v zaključnih fazah dolgotrajne vzdržljivostne vadbe, ko so glikogenske rezerve močno načete. V športu se svetuje 1,2-1,8 g B/kg TT. Višji vnos se ni pokazal kot upravičen. Po vadbi naj bi majhne količine beljakovin pripomogle k

hitrejši obnovi glikogena. Po zaužitju v telesu povzročijo največji termični efekt – termogenezo (20 – 30 %). Pri vnosu beljakovin je pomembna njihova biološka vrednost. Živalske beljakovine imajo običajno visoko biološko vrednost. Vegetarijanci morajo nujno kombinirati različna živila za zagotavljanje vnosa vseh esencialnih amino kislin, kar pa se je pokazalo kot bolj pomembno pri dnevnem vnosu, kot pri vsakem obroku. Neesencialna amino kislina glutamin igra pomembno vlogo za imunski sistem športnika. Zanimivo je, da se ogljikovi hidrati in beljakovine le neradi oz. v manjši meri pretvarjajo v maščobe. In da se njihova oksidacija in shranjevanje v zalogi v veliki meri prilagaja vnosu. Kljub temu pa ogljikovi hidrati zmanjšajo potrebe po maščobah kot energetskemu viru, zaradi česar se odvečne količina le-teh nabira v maščobnih zalogah v telesu. Predvsem pa je ključno zagotoviti, da je energijski vnos manjši od potrošnje (negativna energijska bilanca), vnos maščob pa mora biti manjši od oksidacije. Iz maščob naj odrasli ne bi vnesli več kot 30 % energije. V procesu kontrole telesne mase pa naj bi vnos znašal 15 – 25 %. Pomembno je s prehrano vnesti vse esencialne maščobne kisline. Pri tem pa naj bi vnos nasičenih maščobnih kislin ne presegal 10 % dnevnega vnosa maščob. Izogibati se je potrebno tudi vnosu transmaščobnih kislin, ki dokazano škodujejo zdravju. Največji del dnevnega zaužitja maščob pa je priporočljivo vnesti z nenasičenimi maščobami.

Pogosto se pojavlja dilema vaditi intenzivneje in ustvariti višjo skupno energijsko porabo ter tvegati, da se bo večina energije sprostila iz ogljikovih hidratov ali vaditi zmerneje in pri tem ustvariti nižjo skupno potrošnjo ter višji odstotek maščob. Raziskave kažejo, da je optimalno območje intenzivnosti vadbe okoli 62 - 63 %  $VO_{2maks}$  ali 70 – 75 % največjega  $FSU_{maks}$ . Za manj trenirane pa je ta vrednost okoli 50 %  $VO_{2maks}$ . Pokazal pa se je tudi vpliv trajanja vadbe na potrošnjo maščob. Kljub temu da vadba igra pomembno vlogo v procesu kontrole telesne mase, pa je poraba maščob pri vadbi relativno majhna, zaradi česar je potrebno dnevni deficit ustvariti tudi s pomočjo diete (aktivnosti 50 – dieta 50 %). Pomen ima šele z akumulacijo večjega števila vadbenih enot. Vadba moči ne vpliva neposredno na izgubo telesnih maščob, a jo je kljub temu pametno izvajati, ker prispeva k ohranitvi mišične mase in moči, kar je pozitivno za ohranjanje funkcionalnosti in s tem aktivnega življenjskega sloga.

## 6. VIRI

American College of Sports Medicine (ACSM), (2001). ACSM releases new stands on loosing weight, keeping it off.

<http://www.acsm.org/AM/PrinterTemplate.cfm?Section=Search&template=/CM/HTMLDisplay.cfm&ContentID=4296>

Astrand, P. O., Rodahl, K. (1986). Tekstbook of work psysiology. 3rd ed. New York: McGraw – Hill Book Company.

Benardot, D. (2006). Advanced sport nutrition. Human Kinetics Str. 2 – 35, 209 -232.

Berning, J. R. (2005). The Vegeterian Athlete. V: *Nutrition in sport*. Voliume VII. Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 452 – 456.

Bhutta Z. A. (2005). Digestion and bioavailability. V: Encyclopedia of human nutrition. Vol. 2nd ed. Caballero B., Allen L., Prentice A. (eds.). Amsterdam: Elsevier. Str. 66-70.

Brettschneider, W., Naul, R. (2007). Obesity in Europe: Young people's physical activity and sedentary lifestyle. Frankfurt: Peter Lang.

Brooks G. A., Fahey T. D., White, T. P. (1996). Exercise physiology: Human bioenergetics and its aplications. 2nd ed. Mountain view: Mayfield Publishing Company.

Burke, L. M. (2005). *Dietary carbohydrates*. V: *Nutrition in sport*. Voliume VII. Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 73-84.

Cardwell, G. (2006). Gold Medal Nutrition. Nutrition Impact Pty Ltd. Human Kinetics. Canberra. Str. 8, 161.

CINDI Slovenija (2011),

<http://cindi-slovenija.net/images/stories/dokumenti/uravnotezena-prehrana07.pdf>

Coyle, E. F. (1992). *Timming and method of increased carbohydrate intake to cope with heavy training, competition and recovery*. V: *Foods, nutrition and sports performance*, International Scientific Consensus. Ed. Williams, C. in Devlin, J. T., Mars, International Olympic Cometee Patronage. E&FN Spon: Str. 35-63.

Deakin, V. (1994). Assessment of nutritional status of athletes. V: Clinical sports nutrition. Australian Sports Medicine Federation. Mc Graw-Hill Book Company Australia. Str. 38-55.

Dervišević, E., Vidmar, J. (2009). Vodič po športni prehrani. Fakulteta za šport, Ljubljana. Str. 23, 24, 28, 29, 31 – 39, 41 – 46, 47 – 49, 51 – 55, 103 – 115, 121 – 128.

Flack in Kraemer (1997). Designing Resistance Training Programs. Human Kinetics. Str. 154.

Gleeson, M. (2005). *Biochemistry of Exercise. V: Nutrition in sport. Volume VII.* Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 17-38.

Guarnieri G., Situlin R., Toigo G. (2001). Dietetica e nutrizione clinica. Milano, Parigi, Barcellona: Masson S.p.A. 463 str.

Greenpeace Slovenija:

<http://www.greenpeace.org/slovenia/kaj-delamo/reci-ne-genetskemu-in-eniringu> ).

Hargreaves, M. (2005). Carbohydrates Replacement during Exercise. V: *Nutrition in sport. Volume VII.* Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 112-118.

Hatfield, F. C. in McCullough, T. (1996). *Losing and gaining weight the right way. V: Fitness: the complete guide.* Santa Barbara: International Sports Science Association (ISSA), Str. 279-328.

Hawley, J.A., Jukendrup, A. E. in Brouns, F. (2005). Fat Metabolism during Exercise. V: *Nutrition in sport. Volume VII.* Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 184 – 191.

Hultman, E. in Greenhaff, P.L. (2005). *Carbohydrate Metabolism in Exercise. V: Nutrition in sport. Volume VII.* Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 85-96.

Ivy, J. L. (2005). Optimization of Glycogen Stores. V: *Nutrition in sport. Volume VII.* Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 97-118.

Jeukendrup, A. (2008). *Body Composition: Comprehensive Guide to Fat oxidation, with nutritional advice on how to enhance it and its association with weight loss. V: Body Fat and Sports Performance. Peak Performance. London: P2P Publishing Ltd. Str. 17 – 21.*

Kiens, B. in Helge, J.W. (2005). Adaptations to a high fat diet. V: *Nutrition in sport. Volume VII. Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 192 – 202.*

Kodele M., Suwa-Stanojević M., Gliha M. 2002. *Prehrana. Ljubljana: DZS. Str. 15-15, 33-39.*

Kozjek, N. R. (2004). *Gibanje je življenje. Zbirka priporočil in napotkov za zdravo športno življenje, Ljubljana: Domus. Str. 68.*

Kozjek, N.R. (24.5.2007). *Prehranske piramide. Polet.*

[http://www.klubpolet.si/index.php?option=com\\_content&task=view&id=204&Itemid=28](http://www.klubpolet.si/index.php?option=com_content&task=view&id=204&Itemid=28)

Lasan, M. (1996). *Fiziologija športa, Harmonija med delovanjem in mirovanjem. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport. Str. 27-37, 83.*

Lemon, P. W. R. (2005). *Effects of Exercise on Protein Metabolism. V: Nutrition in sport. Volume VII. Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 133 – 152.*

Lemon, P. W. R. (1992). *Effects of exercise on protein requirements. V: Foods, nutrition and sports performance, International Scientific Consensus. Ed. Williams, C. in Devlin, J.T., Mars, International Olympic Committee Patronage. E&FN Spon. Str. 65-80.*

Mackenzie, B. (2005). *101 Performance evaluation test. Electric Word plc. London. Str. 100.*

Manore, M. M. (2005). *The overweight athlete. V: Nutrition in sport. Volume VII. Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 469-483.*

Maughan, R. (2008). Running and body fat – walking the tightrope of optimum performance. V: *Body Fat and Sports Performance. Peak Performance. London: P2P Publishing Ltd. Str. 27-34, 29.*

Maučec Zakotnik J. (1997). Čezmerna telesna teža in debelost. V: *Prehrana- vir zdravja. Lajovic J. (ur.). Ljubljana: Društvo za zdravje srca in ožilja Slovenije. Str. 124-138.*



Millward D. J. (2005). Requirements and role in diet. V: Encyclopedia of human nutrition. Vol. 4. 2nd ed. Caballero B., Allen L., Prentice A. (eds.). Amsterdam: Elsevier. 58-66

Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije (2007). Strategija Vlade Republike Slovenije na področju telesne (gibalne) dejavnosti za krepitev zdravja od 2007 do 2012. 112. redna seja Vlade Republike Slovenije, 7. marec 2007.

Newsholm, E. A. in Castell, L.M. (2005). Amino Acids, Fatigue and Immunodepression in Exercise. V: *Nutrition in sport*. Volume VII. Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 153-170.

Ogden C. L., Yanovski S. Z., Carroll M. D., Flegal K. M. 2007. The epidemiology of obesity. *Gastroenterology*, 132: 2087-2102.

Peterman, M., Pondelek, D. (2005). Zgibanka: Veš kaj ješ? Trditve.... Zveza potrošnikov Slovenije. Mednarodni inštitut za potrošniške raziskave. Ljubljana: Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije

[http://www.zps.si/veskajes/index.php?option=com\\_content&view=article&id=74:ve-kaj-je-trditve&catid=34:broure-in-zloenke&Itemid=24](http://www.zps.si/veskajes/index.php?option=com_content&view=article&id=74:ve-kaj-je-trditve&catid=34:broure-in-zloenke&Itemid=24)

Pokorn, D. (1998). *Gorivo za zmagovalce: prehrana športnika in rekreativca*. Ljubljana: Forma 7. Str. 35, 38, 57-59.

Pokorn D. (2003). Prehrana v različnih življenjskih obdobjih. Ljubljana: Marbona. Str. 15.

Referenčne vrednosti za vnos hranil. (2004). 1. izd. Ljubljana: Ministrstvo za zdravje, Republike Slovenije. Str. 20 – 28, 29 – 35, 37 – 44, 45, 54 – 55.

Sanders, T.A.B. (15. September 2009). Fat and Fatty Acid Metabolic Effects in Human Body. V: *Annals of Nutrition and Metabolism*. London: Nutritional Science Divisions, Kings College. Str. 168-169.

Seeley R.R., Stephens T.D., Tate P. (2002). *Essentials of anatomy and physiology*. 4th ed. Boston: McGraw-Hill: 644 str.

Sila, B. (2009). Nekaj rezultatov o športno-rekreativni vadbi Slovencev. V *VIII. Kongres Fitnes zveze Slovenije – Licenčni seminar* (str. 16-19). Postojna: Fitnes zveza Slovenije.

Sila, B. (2001). Vplivi gibalne in športne aktivnosti na posamezne motorične in funkcionalne sposobnosti. V: Šport v obdobju zrelosti. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport. Str. 48.

Stanton, R. (1994). The overweight athlete. V: Clinical Sports Nutrition. Australian Sports Medicine Federation. Mc Graw-Hill Book Company Australia. Str. 104 – 123.

Stušek P., Podobnik A., Gogala N. (1997). Biologija. 1, Celica. Ljubljana: DZS. Str. 47.

Summerfield, L.M. (2001). Nutrition, exercise and behavior: an integrated approach to weight management. Belmont: Wadsworth/Thomson Learning. Str. 134-138.

Škof, B. (2007). Vadba vzdržljivosti. V: Šport po meri otrok in mladostnikov: Pedagoško psihološki in biološki vidiki kondicijske vadbe mladih. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Inštitut za šport. Str. 357, 361, 363.

Ušaj, A. (2003). *Kratek pregled osnov športnega treniranja*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport. Str. 17-67.

Wagenmakers, A. J. M. (2005). *Amino Acid Metabolism in Exercise*. V: *Nutrition in sport*. Volume VII. Encyclopedia of Sports Medicine. Medical commission Publication. International federation of sports medicine. Str. 119-152.

Westerterp, K. R. in Saris, W. H. M. (1992). *Effects of exercise on protein requirements*. V: *Foods, nutrition and sports performance*, International Scientific Consensus. Ed. Williams, C. in Devlin, J.T., Mars, International Olympic Committee Patronage. E&FN Spon. Str. 16.

WHO, *Physical activity*, (2011).

[http://www.who.int/topics/physical\\_activity/en/index.html](http://www.who.int/topics/physical_activity/en/index.html)

WHO, (2007). Protein and Amino acid Requirements in Human Nutrition. WHO technical report, United Nations University: Str. 93, 223-233.

WHO, (2011). *Risk Factors for Chronic Disease*.

<http://www.who.int/infobase/report.aspx>

WHO, (2011). BMI Classification.

[http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)

Wilmore, J. H., Costill, D. L. (1999). Physiology of sport and exercise. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics. Str. 490-512, 662-691.

Williams, C. in Devlin, J.T. (1992). *Foods, nutrition and sports performance: final consensus statement. V: Foods, nutrition and sports performance*, International Scientific Consensus. Mars, International Olympic Committee Patronage. E&FN Spon. XV.