

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

UTICAJI DIJETE SA NISKIM SADRŽAJEM UGLJENIH HIDRATA
NA PERFORMANSE U SPORTU I BOLESTI POVEZANE SA
GOJAZNOŠĆU

ZAVRŠNI RAD

Kandidat:

Nemanja Rebić

Mentor:

red. prof. dr Marina Đordjević - Nikić,

Beograd, 2018



UNIVERZITET U BEOGRADU, FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

UTICAJI DIJETE SA NISKIM SADRŽAJEM UGLJENIH HIDRATA
NA PERFORMANSE U SPORTU I BOLESTI POVEZANE SA
GOJAZNOŠĆU

ZAVRŠNI RAD

Kandidat:

Nemanja Rebić

Članovi komisije:

red. prof. dr Marina Đordjević - Nikić, mentor

van. prof. dr Vladimir Ilić

red. prof. dr Stanimir Stojiljković

Beograd, 2018

SAŽETAK

Cilj rada bio je da se prikažu efekti dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (UH) kod zdravih ljudi, sportista i nesportista, kao i kod nekih patoloških stanja. Analiza dostupnih istraživanja je pokazala da se sa ishranom sa značajno redukovanim unosom UH ostvaruju veći inicijalni rezultati u regulaciji telesne težine, nivoa glukoze, insulina i nekih serumskih lipida, međutim u dužem periodu ova razlika se gubi, kada se značajni parametri prate u odnosu na standardni režim ishrane i visoko ugljenohidratnu dijetu. Mogući nepovoljni efekti dijeta sa niskim UH, na koje autori ukazuju su povećanje nekih lipoproteina, metabolička acidoza, povećan gubitak kalcijuma iz kostiju, disbalans elektrolita, deficit minerala i vitamina i drugo. Ishrana sa niskim sadržajem UH se preporučuje za sportske aktivnosti čiji intezitet ne prelazi 65-75% VO₂mak, a posebno u sportovima izdržljivosti, kao što su ultramaraton i triathlon. Međutim, ovakav režim ishrane može se primenjivati i u aktivnostima većeg inteziteta u cilju gubitka kilograma, smanjenju masne mase, odnosno u cilju regulacije telesne kompozicije, što može biti izuzetno korisno u sportovima koji se klasifikuju u kategorije po telesnoj masi. Dobri rezultati su se pokazali i u visokointezivnim aktivnostima, kao što su sportske igre i ponavljajući sprintevi, jer je omogućen viši intezitet rada, tokom završnih stadijuma aktivnosti. Ishrana sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata može biti korisna u ostvarivanju različitih ciljeva, međutim, potrebno ju je pravilno isprogramirati u skladu sa postavljenim ciljem, individualnim karakteristikama osobe i uz redovno praćenje ispoljenih efekata.

Ključne reči: restrikcija unosa ugljenih hidrata, gojaznost, dijabetes, kardiovaskularna stanja, performanse u sportu

POPIS SKRAĆENICA

VLCKD – ketogena dijeta sa vrlo niskim sadržajem ugljenih hidrata
LCDK – ketogena dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata
LCD – dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata
LCHF – dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i visokim sadržajem masti
HCLF – dijeta sa visokim sadržajem ugljenih hidrata i niskim sadržajem masti
MCD – dijeta sa umerenim unosom ugljenih hidrata
LC – dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata
LF – dijeta sa niskim sadržajem masti
RC – restrikcija u unosu ugljenih hidrata
RF – restrikcija u unosu masti
UH – ugljeni hidrati
LBM – bezmasna telesna masa; mršava telesna masa
FFM – bezmasna telesna masa, masa tela bez masne mase
AUC – (area under the curve) – površina ispod krive; koristi se u testu za merenje glukoze u krvi
BMR – vrednost bazalnog metabolizma
RMR – vrednost metabolizma u mirovanju
BMI – indeks telesne mase
VO₂ – potrošnja kiseonika
VO₂ mak – maksimalna potrošnja kiseonika
VCO₂ – količina produkovanog ugljen dioksida
RQ – respiratorni količnik
MK – masne kiseline
GH – hormon rasta
IGF – 1 – insulinu sličan faktor rasta 1
RNK – ribonukleinska kiselina
GDP – guanin difosfat
GTP – guanin trifosfat
HDL – lipoprotein velike gustine
LDL – lipoprotein male gustine
HbA1c – glikolizirani hemoglobin A1c; test za merenje glukoze u krvi
CP – kreatin fosfat
PUFA – polinezasićene esencijalne masne kiseline
NEFA – neesterifikovane masne kiseline; slobodne masne kiseline

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREDMETI I CILJ RADA	2
3. METOD RADA	2
4. TEORIJSKI OKVIR RADA I DEFINISANJE OSNOVNIH POJMOVA	2
4.1. Ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i njene varijante	2
4.2. Definisanje dijete sa niskim sadržajem ugljenih hidrata	4
4.3. OPŠTA FIZIOLOŠKA ZBIVANJE KOD ISHRANE SA ZNAČAJNO REDUKOVANIM UNOSOM UGLJENIH HIDRATA	5
4.3.1. Metabolizam ketonskih tela	6
4.3.2. Ketogeneza i ketoliza	7
4.3.3. Merenje nivoa ketona	8
4.3.4. Adaptacija na ketozu	9
5. PREGLED I ANALIZA DOSTUPNIH ISTRAŽIVANJA	10
5.1. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kod zdravih ispitanika ...	10
5.2. UTICAJI ISHRANE SA NISKIM SADRŽAJEM UGLJENIH HIDRATA NA REDUKCIJU TELESNE TEŽINE	12
5.2.1. Mehanizam dejstva ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na redukciju telesne težine	12
5.2.2. REZULTATI ISHRANE SA NISKIM SADRŽAJEM UGLJENIH HIDRATA KOD GOJAZNIH	15
5.3. ISHRANA SA NISKIM SADRŽAJEM UGLJENIH HIDRATA I BOLESTI POVEZANE SA GOJAZNOŠĆU	22
5.3.1. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na kardiovaskularni sistem	22
5.3.2. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na dijabetes, insulinsku rezistenciju i metabolički sindrom	25
5.4. Ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kod drugih oboljenja	29
5.5. Negativni efekti ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata	29
5.6. UTICAJI ISHRANE SA NISKIM SADRŽAJEM UGLJENIH HIDRATA NA PERFORMANSE U SPORTU	31
5.6.1. Energetski sistemi koji omogućavaju mišićni rad	32
5.6.2. Faktori koji utiču na odabir ishrane kod sportista	34
5.6.3. Adaptacija sportista na ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata	34
5.6.4. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na telesnu kompoziciju sportista	35
5.6.5. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na performanse u sportovima izdržljivosti	37

5.6.6. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na performanse u visoko intenzivnim sportovima	38
5.6.7. Ciklična ketogena dijeta i superkompezzacija ugljenim hidratima	40
5.6.8. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na centralni zamor	42
5.6.9. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na perceptualne, kognitivne i motorne funkcije	42
5.6.10. Pozitivni i negativni efekti ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kod sportista	43
5.6.11. Zaključci o uticajima ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na performanse u sportu	44
6. ZAKLJUČAK	45
7. LITERATURA	47

1. UVOD

U današnjoj epidemiji gojaznosti kao i epidemiji različitih bolesti koje su sa njom povezane pojavila se potreba za iznalaženjem rešenja kojim će se ovi fenomeni tretirati. Nedovoljna fizička aktivnost i neadekvatan način ishrane predstavljaju glavne uzročnike ove epidemije. Iz tih razloga se smatra da će odgovarajući način ishrane biti delotvoran i rezultirati gubitkom kilograma i povlačenjem određenih simptoma.

„U moru“ različitih dijeta i pristupa jedna od dijeta koja je veoma popularna u današnje vreme je dijeta sa niskim sadržajem ugljanih hidrata, ili kako je mnogi nazivaju keto dijeta, mada ova dva pojma nisu sinonimi. Iako je ovakav način ishrane izvorno vezan za lečenje epilepsije on je našao primenu i u pomenutim zdravstvenim fenomenima, još nekim obolenjima, ali i kod rekreativaca i vrhunskih sportista.

Međutim, ovakav način ishrane izazvao je mnogo kontraverzi i polemika, ne samo u opštoj populaciji već i u stručnoj javnosti. Zanimljiva je hipoteza po kojoj su se ljudi u paleolitu i u preagrikulturno vreme hranili isključivo na ovaj način, te da je ovakav tip ishrane prirodniji i zdraviji za nas, odnosno da bi smo i danas trebali da se hranimo na taj način. Sa druge strane se navode štetni efekti ovakvog hranjenja i prednost se daje većem sadržaju ugljanih hidrata bilo kroz vegetarijansku, vegansku ili današnju standardnu ishranu. Takođe, u većini studija se upravo poredi ishrana siromašna ugljenim hidratima sa ishranom koja je siromašna mastima a bogata ugljenim hidratima, kako bi se videle delotvornosti jednog tipa ishrane u odnosu na drugi.

Još jedna stvar koja takođe izaziva dosta polemika i zabune jeste tačno formulisanje dijeta sa niskim sadržajem ugljanih hidrata s obzirom da se ispostavilo da ona ima veliki broj različitih varijanti. Međutim, za potrebe ovog rada definišaću se jedna generalna formulacija koja će ustvari oslikavati zajednički mehanizam svih podtipova ovakvog načina ishrane. Konkretno to je mehanizam stvaranja određene količine ketonskih tela i slobodnih masnih kiselina koji u ovom slučaju trebaju da budu primarni izvor energije u odnosu na glukozu. Takođe, još jedno od pitanja jeste da li su efekti određene dijeta nastali zbog kalorijskog deficita ili je uticaj moguće ostaviti i nezavisno od njega.

S obzirom na veliku popularnost ovakvog načina ishrane i na veliki broj kontraverzi koji su za njega vezani cilj ovog rada je da pregledom dosadašnjih istaživanja dođe do određenih činjenica, putem kojih će na sistematičan način i u skladu sa fiziološkim i biohemijskim zakonitostima funkcionisanja našeg organizma dati objašnjenje funkcionisanja ovakvog načina ishrane odnosno mehanizma na osnovu koga, pozitivno ili negativno deluje kod gojaznosti, oboljenja koja su sa njom povezana, još nekih oboljenja, i kod vrhunskih sportista, i da na taj način pokuša da izvede određene zaključke i ponudi stručne smernice za pravilnu upotrebu ovakvog načina ishrane.

Poseban akcenat će se staviti na uticaj ovakvog načina ishrane na gubitak kilograma i prestrukturiranje telesne kompozicije, kao i na mogućnost primene u različitim sportkim disciplinama.

2. PREDMET I CILJ RADA

Predmet rada je analiza uticaja dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na metaboličke parametre, telesnu kompoziciju i funkcionalne sposobnosti kod sportista, i bolesti povezanih sa gojaznošću.

Cilj rada je prikazati pozitivne i negativne efekte dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kod zdravih ljudi – sportista i nekih patoloških stanja.

3. METOD RADA

Pregled dostupnih istraživanja koja se odnose na efekte niske ugljenohidratne dijeta na intenzivan fizički rad i patološka stanja

4. TEORIJSKI OKVIR RADA I DEFINISANJE OSNOVNIH POJMOVA

4.1. Ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i njene varijante

Sam fenomen načina ishrane čovečanstva kroz evoluciju je veoma širok i možemo reći da je to neiscrpno polje za istraživanje, te se u ovom radu time nećemo detaljnije baviti. Međutim, za potrebe ovog rada i radi razumevanja hipoteza dijeta sa redukovanim unosom ugljenih hidrata neophodno je da se upoznamo sa nekim osnovnim paradigmatima određenih autora.

Naime, određeni istraživači smatraju da je tokom najvećeg dela istorije konzumacija ugljenih hidrata kod čoveka bila niska, a posebno u paleolitu. Taj izuzetno dug period u kome se čovek razvijao od homo erectusa (pre 1.500 000 god.) preko neandrtalca (120 000 – 35 000) do pojave homo sapijensa (pre oko 40.000 god.) uticao je na konstituisanje naše genetike i uslovio nas da budemo „dizajnirani“ za način ishrane koji je bio dominantan tokom ovog perioda. Sa druge strane pojava agrikulture (pre 10.000 god.) i industrijske revolucije (pre 200 god.) su periodi koji su u poređenju sa prethodnim značajno kraći, te iz tih razloga imaju mali uticaj na ljudsku genetiku i još uvek ne mogu da obezbede adekvatno adaptaciju na takav način ishrane. Takođe, ovi autori navode da se upravo zbog razlika u nekadašnjem i današnjem industrionalizovanom načinu ishrane pogotovo u poslednjih 100 god. u zapadnim zemljama povećao broj oboljenja kao što su koronarna arterijska bolest, hipertenzija, dijabetes, rak itd. Ova stanja su dominantni zdravstveni problemi tek u poslednjem veku a sa druge strane su praktično nepoznata u nekim zajednicama i plemenima čiji način ishrane više odgovara onom u preagrikulturalno vreme. Iako se današnji životni vek produžio i ako je kod primitivnih zajednica on kraći, kod njih se ova stanja ne ispoljavaju. Takođe, kada se uporede oboljenja kod dece, ona

se javljaju kod dece civilizovanog društva do kod dece primitivnih zajednica ova stanja su nepoznata (Boyd, Melvin, 1985).

U Severnoj Americi, na primer, tradicionalna ishrana mnogih naroda, prvih nacija Kanade pre evropskih migracija, podrazumevala je upotrebu ribe, mesa, divljih biljaka i voća. Promena u načinu života nekoliko severnoameričkih aboridžinskih zajednica desila se nedavno, krajem 1800-ih godina i dokumentovani su brojni zdravstveni problemi koji su tada usledili (Hildes JA., & Schaefer O., 1984). Dok su mnogi aspekti životnog stila promenjeni modernizacijom, ovi istraživači sumnjaju da su zdravstveni problemi došli zbog promene u ishrani - posebno uvođenjem šećera i brašna.

Još pre otkrivanja insulina, uklanjanjem ugljenih hidrata sa visokim glikemijskim indeksom kao što su šećer i brašno iz ishrane dijabetičara utvrđeno je da je to uspešan metod kontrole glikozurije. Analizom obrazca konzumacije hrane tokom skorašnje pojave epidemije gojaznosti i dijabetesa je otkriveno da je povećanje kalorija gotovo u potpunosti povezano sa povećanjem ugljenih hidrata (Trends in intake of energy and macronutrients—United States, 1971– 2000). Vodeći se prethodnim podacima veliki broj istraživača je postulirao ideju da dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata može biti zdrava kao, ili čak i zdravija od, dijetete sa višim sadržajem ugljenih hidrata koja je tek nedavno uvedena u moderno društvo.

Takođe je iz ovakvih postulata proistekao veliki broj različitih dijetete sa niskim sadržajem ugljenih hidrata. U nastavku će biti ukratko opisane neke od njih:

1. Atkinsova dijeta: ova dijeta je osmišljana sa ciljem da omogući gubitak kilograma. Kako se prema ovoj dijetete ugljeni hidrati smatraju glavnim uzročnikom gojaznosti njihov unos je u ishrani rigorozno smanjen (Gardiner, Gilman 2008; Katz 2003).
2. Stilmanova dijeta: je prethodila Atkinsonovoj dijeti i zasniva se na istim principima.
3. Dukanova dijeta: ova dijetete se takođe koristi za gubitak kilograma i zasniva se na visokom unosu proteina i minimalnom unosu ugljenih hidrata. Ova dijeta se sprovodi u dve faze. U prvoj se pomenutim obrascem ostvaruje rapidno smanjenje kilograma, nakon koga se u drugoj fazi uspostavljaju normalni obrasci ishrane koji bi trebalo da održavaju dostignutu težinu (Samuel, Henry, 2011).
4. „Ideal Protein“ dijeta: je četvorofazni plan gubitka težine sa ograničenom količinom ugljenih hidrata, sastavljena od, niskomasnih proteina, povrća i podrazumeva pijenje dosta vode. Dizajnirana je tako da potstiče gubitak masti uz održavanje mišićne mase i stabilizaciju nivoa šećera u krvi (Walsh, Field 2015).
5. Ketogena dijeta: možda i najpopularnija dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i veoma visokim procentom masti (70 – 80%) izvorno se primenjivala za lečenje epilepsije, međutim danas ima primenu i kod gojaznosti i drugih obolenja, (https://en.wikipedia.org/wiki/Ketogenic_diet).
6. „Zero – carb“ dijeta: podrazumeva potpuno izbacivanje ugljenih hidrata iz ishrane, uz visok unos masti i manji unos proteina, zasniva se na principu ketogene dijetete (https://en.wikipedia.org/wiki/No-carbohydrate_diet).

7. Paleo dijeta: iako po nomenklaturi izvorno ne spada u dijete sa niskim sadržajem ugljenih hidrata jer u sebi sadrži upotrebu voća, povrća, divljih bilja i bobica, kojima se hranio i čovek u paleolitu, ipak je možemo svrstati ovde jer podrazumeva visok procenat mesa i izbacivanje svih žitarica, a takođe se najčešće koristi u cilju gubitka kilograma (https://en.wikipedia.org/wiki/Paleolithic_diet).

Pored gore nabrojanih postoji još neke dijete sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kao i veliki broj različitih varijanti, međutim sobzirom da se sve one zasnivaju na istom principu, a to je princip restrikciju unosa ugljenih hidrata u nastavku teksta će se definisati niskokalorijske dijete u odnosu na zastupljenost ugljenih hidrata u njima.

4.2. Definisanje dijete sa niskim sadržajem ugljenih hidrata

Upravo je nedostatak tačnog definisanja dijete sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i dovodio do pomenutih kontraverzi. Obrazloženje restrikcije ugljenih hidrata je da u odgovoru na smanjenu dostupnost glukoze, promene koncentracije insulina i glukagona telo se usmerava prema oksidaciji masti i ne dozvoljava njihovo skladištenje. Postoji predlog korišćenja takozvanog „pražnog efekta“, koji je doveo do kliničke preporuke vrlo niskih koncentracija ugljenih hidrata (<20-50 g dnevno) u ranim fazama dijete. Ovo količina ugljenih hidrata obično dovodi do prisustva merljivih ketona u urinu i naziva se ketogena dijeta sa vrlo niskim sadržajem ugljenih hidrata (VLCKD) ili ketogena dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (LCKD). Unošenje 200 g ugljenih hidrata dnevno nazvano je dijetom sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (LCD), ali većina stručnjaka smatra da ta količina neće obezbediti metaboličke promene koje se javljaju kod LCKD (Westman i sar., 2007).

Accurso i sar. (2008) su predložili sličnu kategorizaciju dijete sa ograničenom količinom ugljenih hidrata:

- ketogena dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (LCKD) sa unosom manje od 50 g ugljenih hidrata dnevno, tj. 10% od nominalne dijete od 2000 kcal;
- dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (LCD) sa unosom ugljenih hidrata između 50 i 130 g dnevno, tj. 10-26% od nominalna dijeta od 2000 kcal;
- dijeta sa umerenim deficitom ugljenih hidrata (MCD) sa unosom ugljenih hidrata između 130 i 225 g dnevno, tj. 26-45% od nominalna dijeta od 2000 kcal.

Takođe, Westman i sar. (2007) predlažu LCD dijetu sa dnevnim unosom ugljenih hidrata od 50 do 150 g, što izaziva povećan nivo ketona iznad bazalnih vrednosti kod većine ljudi.

Pored pomenutih vrlo često se koristi i termin LCHF, koji podrazumeva dijetu sa visokim unosom ugljenih hidrata i niskim unosom masti, u obrnutom slučaju važi HCLF.

Možemo da zaključimo da će se metabolički efekti ostvarivati onda kada je unos ugljenih hidrata dovoljno nizak da izazove povećanu produkciju ketonskih tela u organizmu, te bi iz tog razloga mogli da kažemo da je dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata svaka dijeta koja

obezbeđuje povećanje produkcije ketonskih tela. S obzirom da je povećanje ketonskih tela uslov ostvaranje efekata dijeta sa smanjenim sadržajem ugljenih hidrata oni će se u ovom radu posmatrati upravo u tom kontekstu.

4.3. OPŠTA FIZIOLOŠKA ZBIVANJA KOD ISHRANE SA ZNAČAJNO REDUKOVANIM UNOSOM UGLJENIH HIDRATA

U ovom delu teksta će se opisati samo opšta fiziološka zbivanja koja se događaju kod dijete sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata. S obzirom da je navedeno da se metabolička efikasnost dijeta ostvaruje samo kada je broj ketonskih tela povećan iznad standardnih vrednosti, posebno će se opisati metabolizam ketonskih tela. Ostala fiziološka zbivanja će se opisati kada se bude specifično govorilo o mehanizmu dejstva dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na telesnu kompoziciju, bolesti povezane sa gojaznošću i performase u sportu.

Kada se govori o samom sastavu dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, uglavnom se misli na smanjenje ugljenih hidrata i povećanje procenta proteina i masti. Međutim, La Rosa (1980) je našao da nije neophodno zamenjivati ugljene hidrate sa proteinima i mastima, već da se to radije može uraditi redukovanjem unosa skroba i šećera. Pod takvim uslovima, iako apsolutne količine masti i proteina nisu povećane, procenat masti i proteina se povećao. Određena istraživanja su utvrdila da je smanjenje unosa kalorija rezultiralo regulacijom apetita i smanjenja gladi. Na taj način, LCD dijeta su takođe nisko kalorične dijeta koje uključuju povećanje procenta kalorija od masti i proteina, ali ne i nužno povećanje apsolutnih količina masti i proteina. Međutim, neka druga istraživanja su pokazala da je moguće ostvariti efekte dijeta i bez restrikcije u unosu kalorija, navodeći da dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata imaju metaboličku prednost. Ovom pitanju će se posvetiti više pažnje kada se bude govorilo o

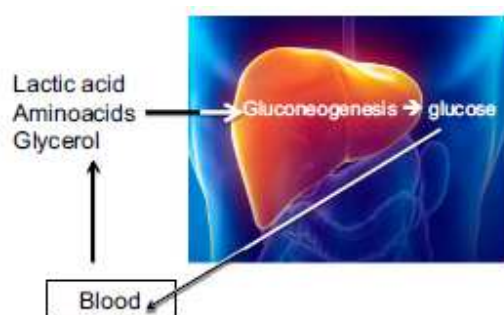
Masne kiseline ≈70%
- Iz masti unetih hranom - lipoliza - adipozno tkivo
Ketonska tela ≈20%
- iz masti i proteina unetih hranom - ketoliza i ketogeneza - adipozno tkivo
Glukoza ≈10%
- glukoneogeneza - proteini i masti (glicerol) iz hrane - glikogenoliza

Tabela 1. Energetski izvori na dijeti sa niskim sadržajem ugljenih hidrata

mehanizmu dejstva dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na promene u telesnoj kompoziciji, odnosno na gubitak viška kilograma.

Međutim, uopšteno možemo reći da restrikcija UH dovodi do generalnih promena u metabolizmu tako što ga usmeravju sa „glukocentričnog“ ka „adipocentričnom“ metabolizmu (korišćenje masnih kiselina i ketonskih tela kao izvor energije) (Westman i sar., 2003). Dakle glavni izvor energije postaju masne kiseline (iz masti unesenih hranom, proteina, i iz adipoznog tkiva) (tabela 1). Tkiva za čije je funkcionisanje neophodna glukoza (crvene krvne ćelije, mrežnjača, sočivo, medula bubrega) dobijaju je posredstvom glukoneogenze (slika 1) i

glikogenolize (Čak iako se ugljeni hidrati uopšte ne unose, telo će samo posredstvom jetre i bubrega stvoriti iz unetih proteina i masti 200g glukoze dnevno). Takođe, se metaboličko stanje tokom LCKD dijeta često upoređuje sa stanjem u kome se organizam nalazi tokom gladovanja u kome nema unosa egzogenih ugljenih hidrata i tokom koga se telo prebacuje sa korišćenje glukoze na korišćenje masnih kiselina i ketona. Takođe, zanimljivo je da iako se očekuje da se sa smanjenjem ukupne količine telesne mase smanji i procenat bezmasne telesne mase (LBM), istraživanja su pokazala da se kod primene hipoenergetske LCKD može sačuvati LBM uprkos rapidnom smanjenju ukupne telesne mase (Krieger, 2006; Volek, 2002). A neke druge studije su čak zabeležile i povećanje LBM uprkos smanjenju ukupne telesne težine (Volek i sar., 2002).

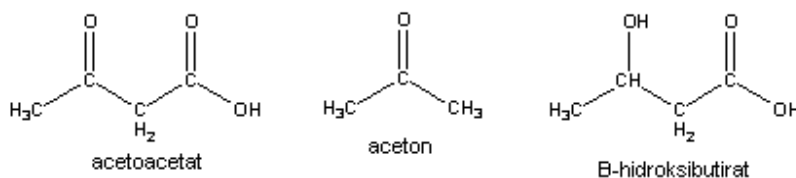


Slika 1. Glukoneogeneza – proces koji se dešava u jetri i bubrezima i podrazumeva konvertovanje aminokiselina, glicerola i mlečne kiseline u glukozu

Sobzirom da su tokom LCKD glavni energetske izvori masne kiseline i ketonska tela u nastavku teksta će se opisati metabolizam ketonskih tela.

4.3.1. Metabolizam ketonskih tela

Ketonska tela su naziv za tri jedinjenja rastvorljiva u vodi koja nastaju kao nusprodukti korišćenja masnih kiselina za proizvodnju energije u jetri i bubrezima. Ketonska tela se primarno koriste kao izvor energije u srcu i mozgu i vitalni su izvor energije za mozak tokom gladovanja. (Mary K., Campbell, Shawn O. Farrell, 2006). Ketonska tela su aceton, acetosirćetna kiselina, i beta-hidroksibuterna kiselina (slika 2).

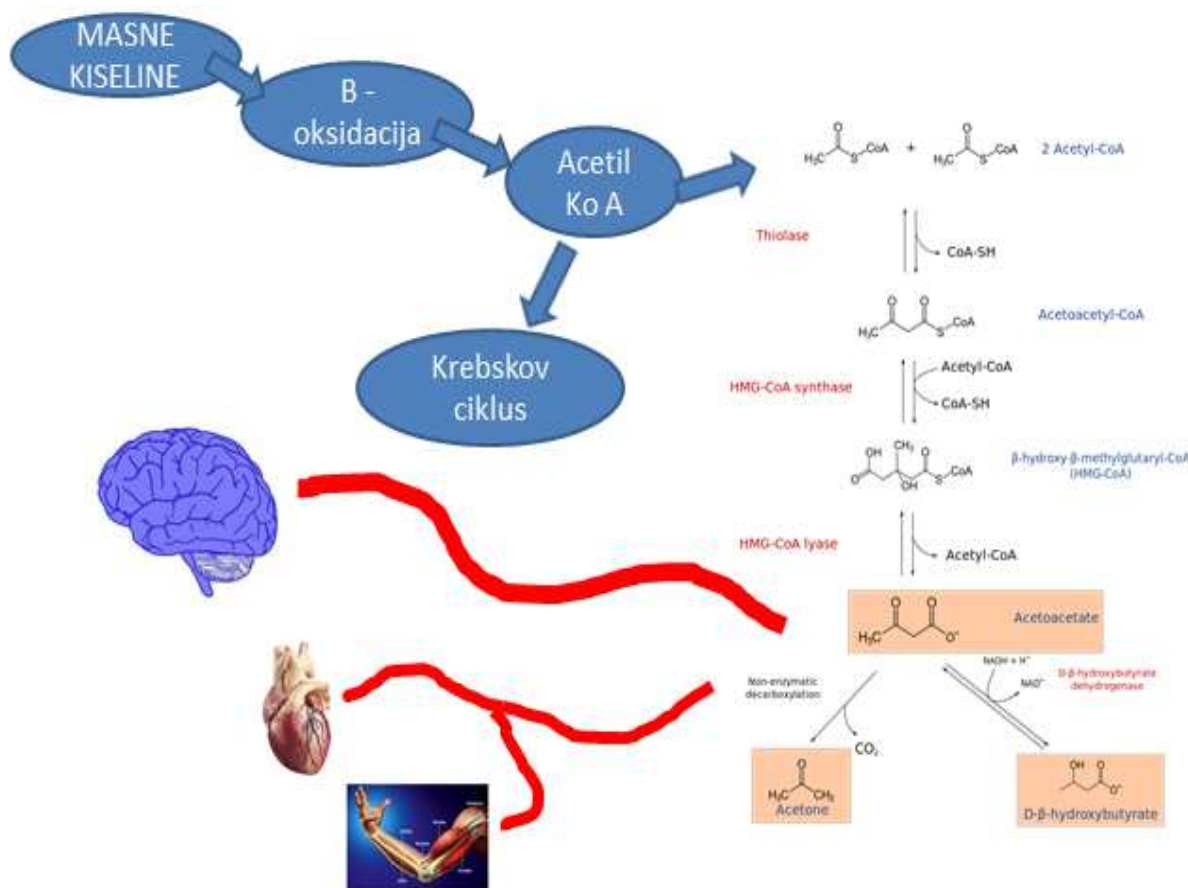


Slika 2. Ketonska tela

Nivo cirkulišućih ketonskih tela zavisi od nivoa njihove produkcije (ketogeneza) i utilizacije (ketoliza). Acetosirćetna kiselina, i beta-hidroksibuterna kiselina su dva glavna ketonska tela koja se koriste kao izvor energije. Aceton nastaje spontanom dekarboksilacijom acetosirćetne kiseline i on daje karakterističan miris izdaha, kod ljudi koji su u ketozi. Kod zdravih odraslih osoba jetra može proizvoditi 185 g ketonskih tela dnevno. Ketoni čine 2-6% energetskog izvora nakon noći gladovanja, a 30-40% nakon 3 dana gladovanja.

Hall i sar. (1984) su našli da je nivo ketona u krvi nakon obroka viši kod gojaznih nego kod mršavijih ispitanika (0.42 mmol/L vs. 0.12 mmol/L). U nekim novijim istraživanja je utvrđeno da je kod gojaznih nivo ketona u krvi, nakon gladovanja od 0.06 - 0.09 mmol/L. Ketogena dijeta koja se koristi u cilju gubitka kilograma rezultira nivoima ketonu u krvi od 0.33-0.72 mmol/L, dok kod dijete koja se koristi za lečenje epilepsije iznosi 2 – 7 mmol/L. Ukoliko je nivo ketona u krvi veći od 0.2 mmol/L govorimo o hiperketonuriji, a ukoliko je veći od 7 mmol/L, tada govorimo o ketoacidozi (Sumithran, P., & Proietto, J., 2008).

4.3.2 Ketogeneza i ketoliza



Slika 3. Ketogeneza i ketoliza

Metabolizam ketonskih tela podrazumeva njihovu produkciju tj. ketogenezu i njihovo korišćenje u pojedinim organima tj. ketolizu (slika 3).

Najveći deo ketonskih tela nastaje razgradnjom masnih kiselina iz adipoznog tkiva najčešće tokom gladovanja ili nakon adrenergičkog stresa. Lipoliza adipocita je stimulisana posredstvom β - adrenergičnih kateholamina i glukagona, a snažno je inhibirana posredstvom insulina, prema tome je najaktivnija nakon gladovanja, a snižena nakon obroka. Nakon što se masne kiseline oslobode iz adipoznog tkiva odlaze u jetru gde se procesom β - oksidacije transformišu u acetil-CoA koji se može oksidisati u ciklusu limunske kiseline ili se iskoristiti za dobijanje ketonskih tela. Daljim procesom dejstvom određenih enzima nastaje aceto sirćetna kiselina, iz koje nastaju beta-hidroksibuterna kiselina i aceton.

Ketoliza predstavlja odlazak ketonskih tela putem krvotoka do određenih organa, gde se posredstvom određenih enzima oni ponovo konvertuju u acetil-CoA i na taj način koriste kao energija (slika 3), (Sumithran, P., & Proietto, J., 2008).

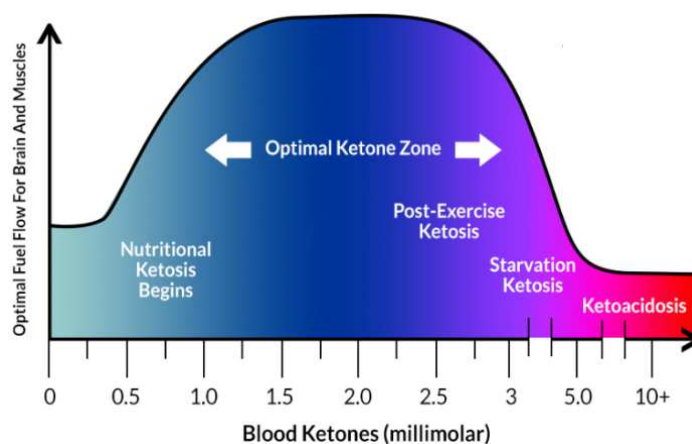
4.3.3. Merenje nivoa ketona

Merenje nivoa ketona u telu je vrlo važno, kako bi osoba koja pirlmenjuje dijetu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata znala da li je u ketozi, odnosno da li koristi ketone kao izvor energije. Ranije se nivo ketona uglavnom merio pomoću takozvanih semikvantitativnih urinskih štapića, koji su ustvari merili samo nivo acetosirćetne kiseline. Poslednjih godina se koristi kvantitativni test koji meri nivo ketona u krvi, odnosno konkretno beta - hidroksibuterne kiseline. U tabeli su prikazane referentne vrednosti ketona u urinu i u krvi (Brink S, Laffel L, Likitmaskul S, i sar., 2009).

Ketoni u urinu		Ketoni u krvi
Negativni	<0.5 mmol/L	<0.5 mmol/L
U tragovima	0.5 mmol/L	0.6-0.9 mmol/L
Mali	1.5 mmol/L	1.0-1.4 mmol/L
Srednji	4.0 mmol/L	1.5-2.4 mmol /L
Veliki	8.0 mmol/L	2.5-2.9 mmol/L
Veoma veliki	16 mmol/L	>3.0 mmol/L

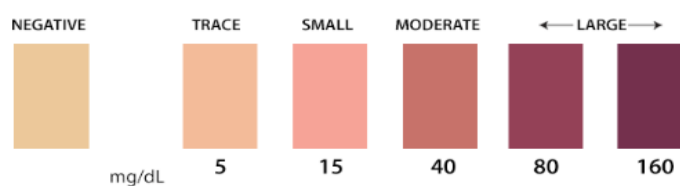
Tabela 2. Referentne vrednosti ketona u krvi i urinu

Ukoliko se koristi test merenja ketona u krvi, poželjno je koristiti se sledećom skalom.



Slika 4. Referentne vrednosti kada se koristi test merenja ketona u krvi

Međutim, ljudi češće pribegavaju jedostavnijem i daleko jeftinijem načinu merenja, a to je merenje ketona u urinu pomoću štapića. Štapić se potapa u urin i odmah zatim vadi, nijansa boje koja se oslikava na štapiću predstavlja nivo ketona u urinu, kako je prikazano na slici.



Slika 5. Referentne vrednosti ketona u urinu kada se koriste semikvantitativni štapići za merenje

Pored ovih testova može se koristiti i analizator izdaha, koji meri nivo acetona. Takođe, nivo glukoze u krvi nam indirektno može reći da li smo u ketozi ili ne, odnosno ukoliko je nivo glukoze ispod 70mg/dl verovatno je da telo efikasno koristi masne kiseline i ketone kao izvore energije.

4.3.4. Adaptacija na ketozu

Adaptacija na ketozu podrazumeva sposobnost organizma da se prilagodi na povećanu količinu produkcije ketonskih tela i njihovu utilizaciju. Možemo reći da ukoliko se nakon početnog povećanja nivoa ketona njihova vrednost zatim smanji na srednji i niski nivo, da se organizam adaptirao na ketozu, jer efikasno koristi ketone kao izvore energije te ih iz tih razloga nema previše u krvi. Nakon 2 – 3 dana primene ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata nivo ketona u krvi je blago povišen i obično je između 0.5-1.0 mmol/L. Uobičajeno je potrebno oko

2-3 nedelje da telo dostigne stabilno stanje i optimalne vrednosti koje su između 1.5-3.0 mmol/L (Mitchell, G. A. i sar., 1995).

Takođe, kao što je već rečeno pokazatelj adaptacije na ketozu može biti i nizak nivo glukoze u krvi (ispod 70mg/dl). Početni simptomi koji mogu biti osećaj slabosti, vrtoglavica, pad koncentracije, želja za uzimanjem ugljeni hidrata i sl. nam govore da se telo još uvek nije adaptiralo na ketozu. Međutim, kada i usled niskog nivoa šećera u krvi, ovih simptoma više nema i kada se osoba oseća mentalno dobro, fokusirano, koncentrisano, puno energije može se reći da se adaptirala na ketozu, tako da je pored kvantitativnih i semikvantitativnih pokazatelja vrlo bitno voditi računa i o subjektivnom osećaju.

5. PREGLED I ANALIZA DOSTUPNIH ISTRAŽIVANJA

5.1. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kod zdravih ispitanika

U tabeli 3 su prikazana metabolička zbivanja u određenim istraživanjima, a većina njih je rađena na zdravim ispitanicima. U studiji Harbera i sar. (2005) 8 zdravih dobrovoljaca primenjivalo je dvodnevnu eukaloričnu dijetu (dijeta koja podrazumeva održavanje telesne težine) gde je 60% energije bilo iz UH a 30% iz masti; ova dijeta je praćena sa sedmodnevnom eukaloričnom dijetom u kojoj je 5% energije bilo iz UH a 60% iz masti. Kod obe dijetе ispitanici su vodili svoj tipičan sedentarni način života. Kod dijetе sa 5% UH, nivo glukoze u serumu se inicijalno smanjio, ali se nakon par dana vratio na bazalne vrednosti. Iako se nivo insulina nakon gladovanja nije razlikovao između dve dijetе nivo insulina nakon 24 h (meren AUC testom) je bio 50% niži kod dijetе sa 5% UH. Posle dvodnevne ishrane sa 5% UH i praćenja tokom perioda od 7 dana, povećan je serumski beta – hidroksibutirat sa 0,1 na 0,4 mmol/L i slobodne masne kiseline su povećane sa 0,2 na 0,4 mmol/L. Osim toga, mišićni glikogen (meren mišićnom biopsijom) je smanjena za 20% posle 9 dana. Kinetika glukoze je procenjena pomoću tehnike stabilnog izotopa gde je metabolizam u mirovanju (resting metabolic rate – RMR) izračunavan pomoću potrošnje kiseonika (VO_2) i produkcije ugljen dioksida (VCO_2), a merio se tehnikom kalorimetrije u metaboličkoj komori. Drugog dana dijetе sa 5 % UH i nivo povećanja glukoze u krvi i nivo njenog smanjivanje je snižen za 20% (stabilniji nivo šećera u krvi), i ovo stanje se zadržalo 7 dana. Pored toga, postabsorptivna oksidacija ugljenih hidrata se progresivno smanjivala tokom 7 dana, a ovaj pad je bio veći od smanjenja unošenja glukoze. To znači da je nivo odlaganja neoksidisane glukoze (tj. skladištenje ugljenih hidrata) povećano u postabsorptivnom stanju sa ishranom od 5% ugljenih hidrata. Ovo istraživanje sugerise o promeni metaboličkog goriva i nivoa glikogena u uslovima smanjenog unosa UH.

Još nekoliko studija je merilo metaboličke efekte kod zdravih ispitanika sa dijetom koja se sastojala od 0-2% UH, 11-15% proteina, i 83-88% masti (ove dijetе su se sastojale od većeg procenta masti nego što je to uobičajeno kod LCD dijetе, i takav način ishrane više podseća na

ishranu eksima, ili na ishranu osoba obolelih od epilepsije). Uprkos tome, ove studije razjašnjavaju mnoge metaboličke aspekte ograničavanja ugljenih hidrata. Koncentracije glukoze u serumu, insulina i C-peptida sa ishranom od 2% ugljenih hidrata su bile niže od kontrolne grupe sa 85% ugljenih hidrata. Nakon 11 dana 2% ugljikohidratne ishrane, glukoneogeneza je bila 15% veća a glikogenoliza je bila 55% niža za razliku od kontrolne dijeta od 85% UH (Bisschop i sar., 2000).

Drugi nalazi potvrđuju metaboličke razlike između gladovanja i ugljeno hidratne restrikcije. Nakon 7 dana dijeta za održavanje telesne težine (33Kcal/kg) koja se sastojala od 2% UH, 15% proteina i 83% masti, ekskrecija azota tokom 24h je bila veća, i to bez promene postabsorptivnog metabolizma proteina u jetri, kao i u celom telu, za razliku od 2 kontrolne dijeta koje su se sastojale od 0% i 41% masti. Takođe je tokom ove dijeta došlo do smanjenja vrednosti absorpcijske i postabsorpcijske koncentracije insulina u plazmi za razliku od kontrolnih dijeta.

Studija	Trajanje	UH	Pro	Masti	Kal.	RQ	Insulin	Glukag.	Glukoza	M.K.	β – hidrok.
	dani	% dnevnog unosa			Kcal		uU/mL	pg/mL	mmol/L	mmol/L	mmol/L
Bisscho i sar., 2000	11	2	15	85	¹	0.73	3.7	65	4.7	0.78	
	11	44	15	41		0.81	8.4	57	5.2	0.36	
	11	85	15	15		0.86	8.4	60	5.4	0.36	
Allick i sar., 2004 ³	14	0	11	89	3500	0.73	10	79	6.8	0.79	
		89	11	0	3500	0.79	12	73	8.2	0.70	
Harber i sar., 2005	7	5	35	60			7.0		5.0	0.45	0.5
	2	60	10	30			7.0		5.0	0.3	0.05
Boden i sar., 2005 ³	7	4	28	68	2164		6.7	89	6.3		0.65
		39	17	44	3190		9.2	78	7.3		0.13
Noakes i sar., 2006	84 ⁴	12	31	54			7.1		5.3		<0.1
		49	21	28			7.4		5.3		<0.1
		66	20	13			9.9		5.2		<0.1

Tabela 3. Studije koje pokazuju metaboličke promene organizma tokom dijeta sa redukovanim unosom ugljenih hidrata¹

¹ UH, ugljeni hidrati; Pro, proteini; RQ, respiratorni koeficijent, insulin, glukagon, glukoza, MK, masne kiseline, β – hidroksiburat; mereni u serumu nakon gladovanja

² Dijeta za održavanje težine; isti kalorijski unos u svim grupama

³ Ispitanici sa dijabetesom tipa 2

⁴ 8 nedelja izokalorične dijeta za gubljenje težine i zatim 4 nedelje dijeta za održavanje težine

Još jedna studija kod zdravih ispitanika nasumično je izabrala 83 ispitanika koji su primenjivali 3 različite dijetе od 12% UH do 60%; tokom prvih 8 nedelja gde je cilj bio gubitak kilograma i zatim tokom 4 nedelje gde je cilj bio održavanje telesne težine. Tokom perioda koji je podrazumevao održavanje telesne težine, tri dijetе su se sastojale od 66% UH, 20% proteina, i 13% masti; 49% UH, 21% proteina, i 28% masti; i 12% UH, 31% proteina, i 54% masti. Kod dijetе sa 12% UH nivo insulina nakon gladovanja je bio značajno niži u poređenju sa ostalim grupama, međutim nivo glukoze nakon gladovanja nije se značajnije razlikovao između grupa. (Noakes i sar., 2006). Pomenute studije su prikazane u tabeli 2. Poređenja radi u tabeli su prikazane i studije koje su rađene sa dijabetičarima.

5.2. UTICAJI ISHRANE SA NISKIM SADRŽAJEM UGLJENIH HIDRATA NA REDUKCIJU TELESNE TEŽINE

Sobzirom da se veliki broj radova koji je koristio ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata u cilju redukcije telesne težine vodio hipotezom da ona ima metaboličke prednosti u odnosu na druge dijetе pre nego što pređemo na konkretne rezultate ovih istraživanja najpre će se opisati mehanizam dejstva ovakvih dijeta na gubitak kilograma. Naime, ovo je pitanje koje je izazvalo mnogo kontraverzi i polemika i u samoj struci, gde određeni autori smatraju da se rezultati pomenutih dijeta nastali isključivo zbog restrikcije u ukupnom energetsom unosu, dok drugi smatraju da dijetе sa niskim sadržajem ugljenih hidrata imaju niz metaboličkih prednosti koje se pozitivno ispoljavaju na gubitak kilograma nezavisno od eneretskog deficita. U nastavku će se takođe izvršiti poređenje ovih hipoteza. Pored toga veliki broj dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kao kontrolnu dijetu koristi dijetu sa visokim sadržajem ugljenih hidrata kako bi se pokazale prednosti odnosno nedostaci jednih u odnosu na druge.

5.2.1 Mehanizam dejstva ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na redukciju telesne težine

Iako se uglavnom smatralo da se efekti dijetе sa niskim sadržajem ugljenih hidrata ispoljavaju zbog spontano nastalog kalorijskog deficita, određeni autori smatraju da se tokom ovakvih dijeta ipak ispoljavaju određene metaboličke prednosti kojih kod drugih dijeta nema, te da su one zbog toga efikasnije. Međutim, prema ovoj hipotezi se direktno dovode u pitanje prvi zakon termodinamike koji kaže da telesna masa ostaje konstantna kada je unos kalorija jednak potrošnji kalorija. Ipak, određeni autori su našli, da različite dijetе dovode do različitih biohemijskih puteva koji nisu ekvivalentni kada se pravilno uporede kroz zakone termodinamike. Prema tome, neadekvatno je pretpostaviti da je jedina stvar koja se računa u pogledu potrošnje energije kalorijsku unos (Manninen, A. H., 2004).

Naime, prema ovim autorima iako su principi termodinamike validni, njih nije tako lako primeniti na žive sisteme. Oni svoju primenu imaju u zatvorenim sistemima gde na održavanje ravnoteže ne utiču hemijske reakcije pojedinog sistema. Međutim, ukoliko materija može biti izmenjena između sistema i spoljašnjeg okruženja, govorimo o otvorenim sistemima, a svi živi organizmi su otvoreni sistemi. Upravo živi sistemi uzimaju hranu iz okoline i koriste je za održavanje telesne temperature i za pokretanje različitih biohemijskih puteva u organizmu. Oni takođe navode da u razmatranje treba uzeti i drugi zakon termodinamike koji kaže da svi procesi uvek idu u pravcu entropije. Prema tome kad god se razmenjuje neka energija efikasnost te razmene nikada neće moći biti savršena, već će se određena količina energije izgubiti u vidu toplote. Ono što je važno je da metabolički putevi unesenih makronutrijenata mogu biti različiti, zbog razlike u hormonskoj aktivnosti i aktivnosti enzima (Manninen, A. H., 2004).

Vodeći se ovim postulatima pomenuti faktori objašnjavaju mehanizam delovanja dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i njihovu metaboličku prednost na sledeće načine:

1. Glukoneogeneza

Hormonske promene vezane za ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata uključuju smanjenje nivoa cirkulišućeg insulina a povećavaju nivo glukagona, što dovodi do aktivacije fosfoenolpiruvat karboksinaze, fruktozo 1,6-bifosfataze i glukoze 6-fosfataze i inhibicije piruvat kinaze, 6 -fosfofrukto-1-kinaze i heksokinaze, te tako favorizuju glukoneogenezu u odnosu na glikolizu. Glukoneogeneza je proces koji zahteva energiju. Za sintezu 1 mola glukoze iz piruvične ili mlečne kiseline potroši se 6 mola ATP – a, međutim za transformaciju glukoneogenične aminokiseline u glukozu potrebno je još više energije, jer se određena količina ATP – a takođe koristi i za odvajanje azota, koji se ekskretuje putem urina. Na osnovu ovoga možemo zaključiti da je glukoneogeneza energetske manje efikasna od glikolize.

2. Termogeneza

Ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata je često visoka u proteinima. Nedavne studije pokazuju da se termogeneza nakon obroka povećala za čak 100% na dijeti koja je bila bogata proteinima a siromašna ugljenim hidratima, u odnosu na dijetu koja je bila bogata ugljenim hidratima a siromašna proteinima i mastima (Johnston, C. S., Day, C. S., & Swan, P. D., 2002).

3. Povećan je metabolizam proteina

Ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata povećava metabolizam proteina kao i energetske procese koji su zavisni od metabolizma proteina (tabela 4) uključujući sintezu proteina, proteinsko savijanje, proteinsko sortiranje i ciljanje (protein targeting), regulatorne procese i razgradnju proteina i na taj način zahteva više energije za održavanje homeostaze.

Proces	Opis
Metabolizam proteina	Formiranje inicijalnih kompelsa; sinteza peptidnih veza
RNK metabolizam	Ribozomi RNK; molekli transfera RNK; premesendžeri spajanja i mesendžeri RNK
Regulatorni procesi	Reverzibilna fosforilacija, GTP-GDP razmena proteina, jonske pumpe i kanali, drugi glasnici
Metabolizam azota	Ciklus glutamina/glutamata; ciklus glukoze/alanina; sinteza ureje

Tabela 4. Neki energetski zavisni procesi povezani sa metabolizmom proteina

4. Povećanje slobodnih masnih kiselina i njihove oksidacije

Povećanje slobodnih masnih kiselina dovodi do povećanja transkripcije mitohondrijalnih termogenih proteina i peroksimalne β -oskidacije. Termogeni proteini pomeraju protonski gradijent tako da protoni ulaze u ćelijski matriks bez stvaranja ATP – a , već se u ovom procesu generiše velika količina produkovane toplote, tako da se stvorena energija ne koristi za biohemijski rad već se gubi u vidu toplote. Ovaj proces je karakterističan za braon adipozne ćelije. Takođe, masne kiseline koje prolaze peroksimnu β -oksidaciju nemaju mehanizam za očuvanje energije i rezultiraju isključivo u proizvodnji toplote. Ovi procesi dovode do metaboličke neefikasnosti (Veech, R. L., 2004).

5. Diureza

Inicijalni gubitci kilograma se objašnjavaju diurezom, koja je povećana zbog gubitka glikogena i ketonurije što rezultira većim uzlučivanjem vode i natrijuma iz organizma. Oko 100 g glikogena je skladišteno u jetri a oko 400 g u mišićima, svaki uskladišteni gram povlači za sobom 2g vode (Denke, M. A., 2001).

6. Ketoni smanjuju apetit

Iako je uglavnom široko prihvaćeno mišljenje da ketonska tela smanjuju apetit, u literaturi postoje kontradiktorni podaci. Infuzija 3-hidroksibutirata je smanjila apetiti kod eksperimentalnih pacova (Arase, K., 1988) i takođe smanjila osećaj gladi kod ispitanika koji su bili na ketogenoj dijeti, kada se ona upoređivala sa niskomasnom dijetom (McClernon, F. 2007; Nickols-Richardson, S. M., 2005).

U jednoj studiji, prijavljeni osećaj gladi u svim grupama bio je znatno niži nego na početnom nivou, a autori su ukazali na mogućnost da se nivo ketona povećao dovoljno, da može da utiče na supresiju apetita, (Foster, G. D. i sar., 1992).

Sa druge strane nekoliko autora nije našlo razliku u interpretaciji osećaja gladi između ispitanika koji su koristili ketogenu dijetu i standardnu dijetu (Boden, G. 2005; Silverstone, J. T., 1966).

7. Povećana lipoliza

Lipoliza je razlaganje lipida. Ona obuhvata hidrolizu triglicerida u slobodne masene kiseline, čemu sledi dalja degradacija u acetilne jedinice posredstvom beta oksidacije. Ovaj proces proizvodi ketonska tela. Na ishrani sa niskim sadržajem ugljenih hidrata lipoliza je značajno povećanja a smatra se da je to posledica smanjenog nivou cirkulišućeg insulina (Volek, J. S., & Sharman, M. J., 2004).

Neki drugi autori takođe navode još neke mehanizme kao što su limitirani izbor hrane, lošiji ukus hrane i sl. (Astrup, A. i sar., 2004; Erlanson-Albertsson, C., & Mei, J., 2005).

5.2.2. REZULTATI ISHRANE SA NISKIM SADRŽAJEM UGLJENIH HIDRATA KOD GOJAZNIH

Prema podacima Svetske Zdravstvene Organizacije u svetu je čak 39% ljudi prekomerno teško, od čega je 13% njih i gojazno.

Po definiciji prekomerno teškim se smatraju osobe čiji je BMI veći od 25, a gojaznima ako je BMI veći od 30 (<http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>).

Gojaznot danas svakako dostiže razmere epidemije i zahteva posebnu pažnju i tretman. Jedan od načina da se tretira je i određenim načinom ishrane.

Vodeći se prethodno opisanim postulatima o mehanizmima dejstva ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na redukciju telesne težine određeni autori su našli značajne efekte ovakvog načina ishrane u tretmanu gojaznosti.

Kauffman je našao da kada se koristi ugljenohidratna dijeta sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata prosečan gubitak kilograma tokom 73 dana je bio 17kg, dok je kod grupe koja je koristila ishranu sa visokim sadržajem ugljenih hidrata prosečan gubitak je bio samo 2 kg. Prema njemu ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata je i efikasna i bezbedna (Kauffman, J. M., 2004).

Samaha i sar. (2003) nasumično su rasporedili 132 gojazna ispitanika na ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i na ishranu sa kaloriskim deficitom i niskim sadržajem masti u ishrani; 79 ispitanika je uspelo da završi ovu 6 meseci dugu studiju. Treba napomenuti da je u

ovoj studiji razlika između grupa u unosu ugljenih hidrata bila veoma tanka: 51% u grupi koja je unosila niske vrednosti masti i 37% u grupi koja je koristila ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata. Totalni energetske unos tokom šestomesečnog perioda bio je 1567 Kcal dnevno u grupi sa redukovanim mastima i 1630 Kcal dnevno u grupi sa redukovanim UH. Prema tome grupa sa smanjenim unosom UH konzumirala je 54 Kcal više dnevno. Bez obzira na to grupa sa redukovanim unosom UH izgubila je prosečno 5.8 kg (i gubila je kilograme i tokom šestog meseca) dok je grupa sa redukovanim unosom masti izgubila prosečno 1.9 kg.

Greene i sar. (2003) su našli da kada tokom 12 nedelja ispitanici unose dodatnih 300 Kcal dnevno na dijeti sa redukovanim unosom UH gube na težini približno isto kao ispitanici na dijeti sa niskim unosom masti. Iako su ispitanici tokom ovog perioda uneli 25 000 dodatnih Kcal prema čemu su trebali da dodaju na težini 7 kg, to se ipak nije desilo.

U jednoj studiji je upoređivan efekat izokalorične, energetske deficitne ketogene dijeta sa efektima niskomasne dijeta na redukciju telesne težine i promenu telesne kompozicije, kod gojaznih muškaraca (n =15) i gojaznih žena (n =30). Uprkos znatno većem unosu kalorija (1855 u odnosu na 1562 kcal/dan), pokazala se značajna prednost ketogene ishrane u odnosu na ishranu sa niskim sadržajem masti na gubitak težine odnosno gubitak masti kod muškaraca. Tačnije 5 muškaraca je smršalo više od 5 kg. Kod žena su se takođe ispoljili slični efekti ketogene dijeta, a posebno je važno za njih bilo što su izgubile značajan deo potkožnog masnog tkiva sa predela trupa (Volek i sar., 2004).

Young i sar. (1971) poredili su 3 izoenergetične (1.800 kcal/dan) i izoproteinske (115 g/dnevno) dijeta sa različitim sadržajem ugljenih hidrata (30, 60 i 104 g/dan). Nakon 9 nedelja na 30 g, 60 g i 104 - g ugljenih hidrata, gubitak telesne mase je bio 16,2; 12,8; i 11,9 kilograma, a masti su činile 95%, 84% i 75% gubitka težine.

Volek i sar. (2002) ispitali su efekte 6-nedeljne ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na ukupni i regionalni sastav tela. Ono što je veoma interesantno, rezultati su pokazali da je masna masa značajno smanjena (-3,4 kg), a bezmasna telesna masa (LBM) značajno povećana (+1,1 kg) na kraju šeste nedelje.

Istraživanje koje je poredilo ketogene sa ne-ketogenim dijetetima sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kod 20 ispitanika tokom 6 nedelja nije utvrdilo značajnu razliku u prosečnim gubicima težine i masti između grupa (Johnston, C. S. i sar., 2006).

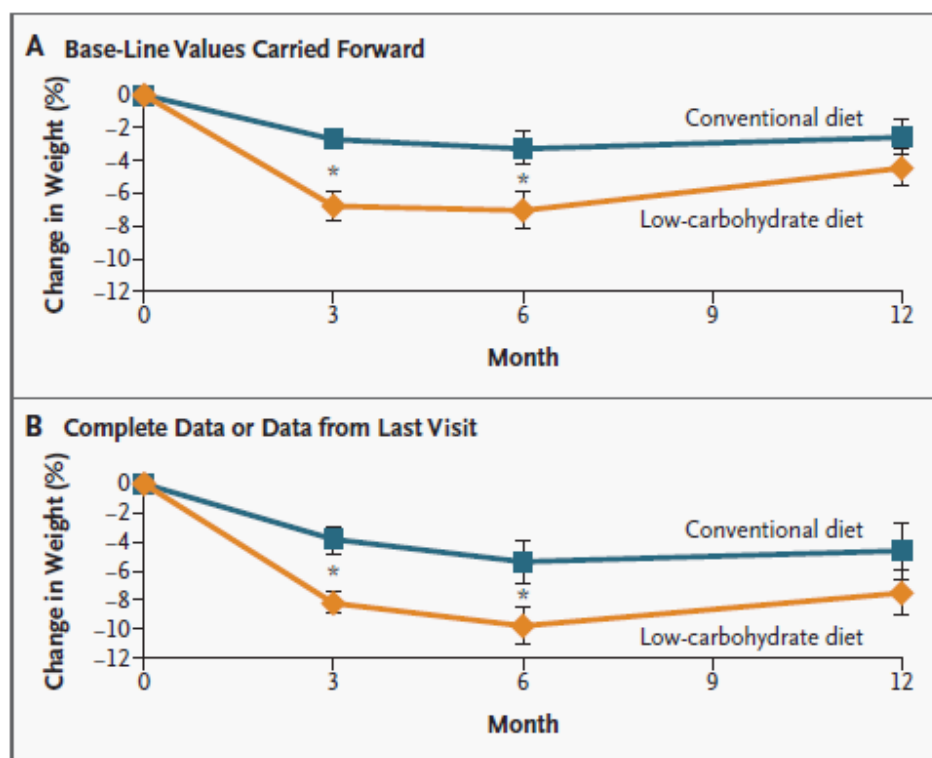
Istraživači Sumithran, P. i Proietto, J. (2008) su u svojoj metanalizi uporedili veliki broj studija koje pokazuju efekte dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i dijeta sa visokim sadržajem ugljenih hidrata. S obzirom da je to jedan od ciljeva ovog rada, ovakva studija će biti od velikog značaja za našu analizu, a u modifikovanoj tabeli su prikazane studije koje su autori uzeli u razmatranje (tabela 5).

Studije	Dijeta	Početni BMI	Trajanje (meseci)	Gubitak na težini (kg)
1.	LC	33	6	8.5 ± 5.1*
	LF	34		3.9 ± 5.2
2.	LC	34	6	7.0 ± 6.4*
	LF	34		3.1 ± 5.5
	LC		12	4.3 ± 6.6
	LF			2.5 ± 6.2
3.	LC	43	6	5.7 ± 8.6
	LF	43		1.8 ± 3.9
4.	LC		12	5.1 ± 8.7
	LF			3.1 ± 8.4
5.	LC	35	3	9.9 ± 9.3*
	LF	36		4.1 ± 4.9
6.	LC	32	12	4.7 ± 7.2
	LF	31		2.2 ± 6.3
7.	LC	35	6	3.2 ± 4.9
	LF	35		3.6 ± 6.7
	LC		12	2.1 ± 4.8
	LF			3.3 ± 7.3
8.	LC (1529 Kcal)	32	10(nedelja)	7.8 ± NA
	LF (1447 Kcal)	32		6.8 ± NA
9.	LC (1474)	33	12(nedelja)	8.0 ± 2.9
	LF (1443)	33		6.7 ± 3.3

Tabela 5. Razlike između uticaja ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (LC) i niskim sadržajem masti (LF) na redukciju telesne težine. BMI – indeks telesne mase. * statistički značajna razlika

Kao što se iz tabele može videti, ali i iz prethodo navedenih studija ishrana sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata može značajno doprineti gubitku telesne težine. Takođe, taj gubitak je veći u poređenju sa grupama koje su koristile ishranu sa visokim sadržajem ugljenih hidrata. Međutim, razlike su značajne samo tokom inicijalnih faza i maksimalno do šestog meseca, nakon čega razlike nisu značajnije, već se približavaju istim vrednostima. Pored toga u određenim studijama je pronađen veći gubitak kilograma kod ispitanika koji su bili na ishrani sa visokim sadržajem ugljenih hidrata.

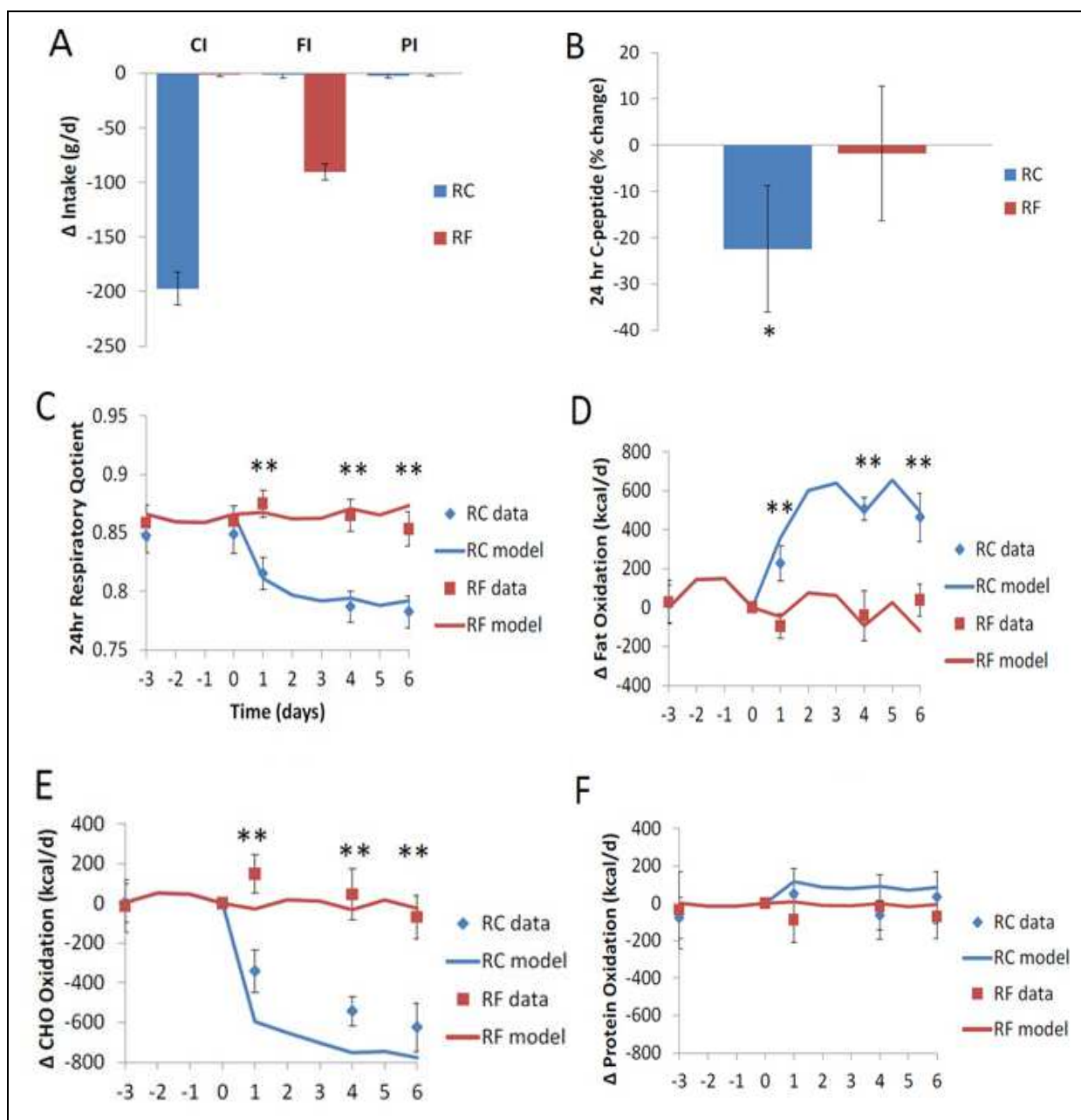
Slične podatke našli su i Rader, D. J. i sar. (2003). U njihovoj studiji koja je trajala 12 meseci upoređivali su efekte ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata sa konvencionalnom, odnosno standardnom ishranom; 59% ispitanika je uspeo da isprati istraživanje do kraja. Na slici 6 se vide dobijeni podaci ove studije. Kod oba grafikona uočljivo je da tokom prvih 3 i 6 meseci istraživanja postoji statistički značajna razlika u gubitku kilograma, međutim posle 12 meseci ne postoji značajnija razlika i ona je praktično zanemarljiva.



Slika 6. Poređenje efekata standardne ishrane i ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata. Grafikoan A obuhvata sve ispitanike koji su učestvovali u studiji, dakle i one koji nisu uspeli da završe studiju do kraja, dok grafikon B uzima u obzir samo one ispitanike koji su uspeli da završe studiju do kraja.

Ono što je vrlo značajno je da se slični podaci nalaze u meta analiza iz 2006 godine koja je upoređivala ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata sa ishranom sa niskim sadržajem masti. U ovoj studiji nakon 6 meseci prosečna razlika u gubitku kilograma bila je -3.3 kg više u korist ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, međutim nakon 12 meseci ta razlika iznosila je samo - 1kg. (Nordmann, A. J. i sar., 2006). Možemo da zaključimo da je isti trend izjednačavanja rezultata nakon 12 meseci prisutan u većini studija.

Takođe je vrlo zanimljiva studija koja je koristila precizan matematički model kako bi izvršili egzaktno poređenje ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i ishrane sa niskim sadržajem masti. Osim što su poredili razlike u efikasnosti, detaljno su predstavili i različite metaboličke odgovore tokom ovih dijeta. Obe dijetе su bile izokalorične i njihov energetski unos je bio za 30% manji u odnosu na kontrolnu dijetu koja ih je pratila. Eksperiment je trajao 6 dana. Na slici 7 su prikazani grafikoni koji opisuju različite metaboličke odgovore ovih dijeta.

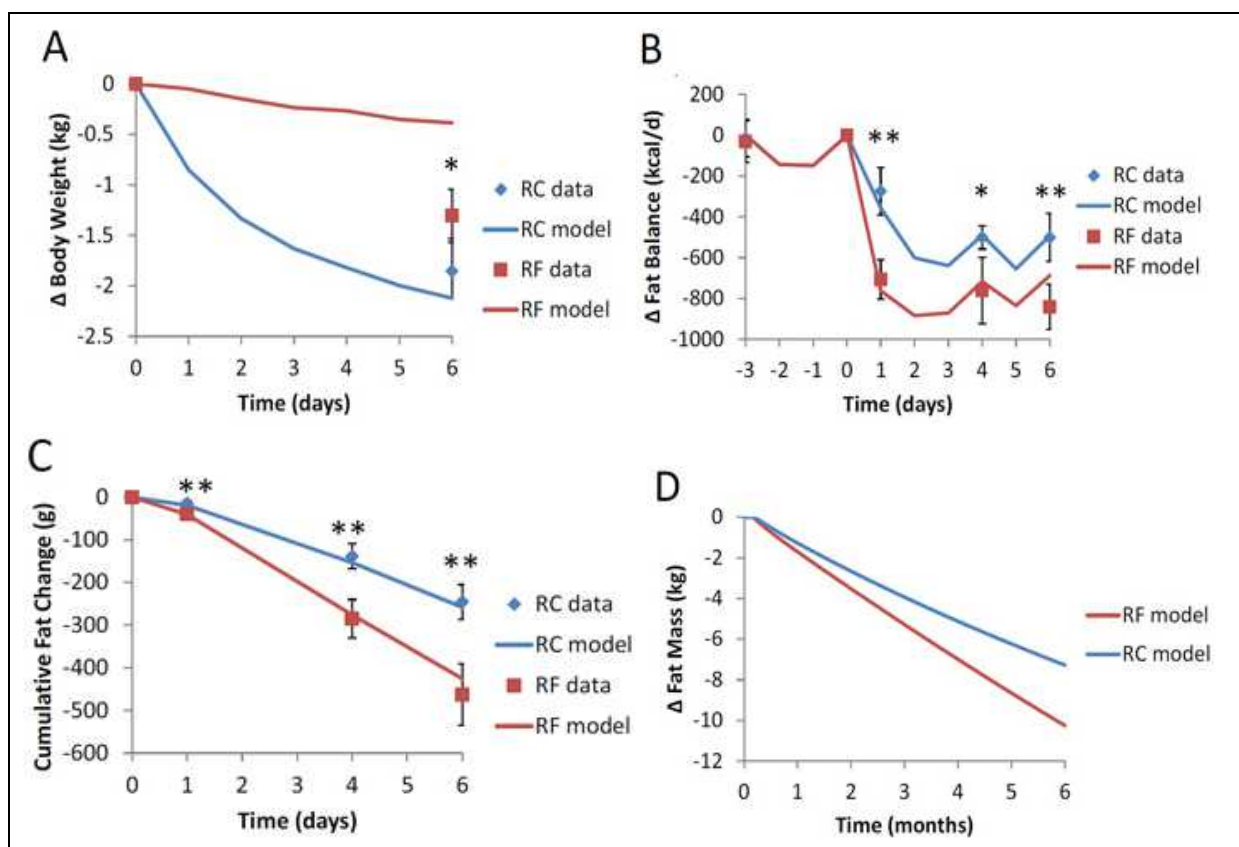


Slika 7. Različiti metabolički odgovori tokom ishrane sa redukovanim unosom ugljenih hidrata (RC) i masti (RF)

Grafikon A predstavlja restrikciju u ugljenim hidratima (CL) odnosno mastima (FI), između dijeta u odnosu na kontrolnu eukaloričnu dijetu. Unos proteina (PI) je isti kao i kod kontrolne dijeta. Grafikon B predstavlja sekreciju insulina, koja je merena na osnovu C peptida u urinu. Sekrecija insulina je bila značajno niža kod ishrane sa restrikcijom ugljenih hidrata (RC), za razliku od ishrane sa restrikcijom masti (RF). Grafikon C predstavlja respiratorni koficijent koji je bio relativno nepromenjen kod RF dijeta, međutim kod RC dijeta je znatno opao, tj. približio se vrednosti 0,7 što znači da je u tom slučaju značajno više zastupljena oksidacija masti.

Grafikon D predstavlja oksidaciju masti, koja je značajno veća kod RC dijeta, dok je na grafikonu E oksidacija ugljenih hidrata smanjena. Na grafikonu I oksidacija proteina je neznatno veća na RC dijeti. Generalno razlike u metaboličkim odgovorima dveju dijeta su statistički veoma značajne ($p < 0.0001$.)

Na slici 8 su prikazane razlike u promeni telesne kompozicije kada su se poredili efekti ove dve dijeta. Poseban akcenat je stavljen na gubitak masti, odnosno kumulativni gubitak masti tokom 7 dana, i ti rezultati su iskorišćeni za procenu eventualnog ukupnog gubitka masti tokom 6 meseci.



Slika 8. Razlike u promeni telesne kompozicije

Na grafikonu A je prikazana razlika u ukupnom gubitku kilograma između grupa. Vidi se da je značajno veću količinu kilograma izgubila grupa koja je bila na ishrani sa restrikcijom ugljenih hidrata (RC), za razliku od grupe koja je bila na restrikciji masti (RF). Međutim, na grafikonu B gde je prikazan balans masti, odnosno odnos između slobodnih masnih kiselina u krvotoku i masnih kiselina koje su oksidisane, vidimo da je on značajno veći kod RF grupe. Odnosno balans masti na RF dijeti je bio 840 ± 60 Kcal/dnevno, odnosno to je konkretno rezultiralo gubitkom 89 ± 6 grama masti dnevno, što je značajno više nego na RC dijeti gde je balans masti bio 500 ± 60 Kcal/dnevno odnosno 53 ± 6 grama dnevno ($p = 0.0002$). Takođe je na grafikonu C prikazan kumulativni gubitak masti tokom 6 dana, koji je bio čak za 80 % veći na RF dijeti nego na RC dijeti, odnosno rezultirao je gubitkom 463 ± 37 g masti na RF dijeti u

poređenju sa 245 ± 21 g masti na RC dijeti ($p < 0.0001$). Pomoću matematičkog modela na grafikonu D su prikazana očekivane vrednosti u gubitku masti tokom 6 meseci. Prema ovom modelu se očekuje da će se na RF dijeti izgubiti 3 kg više nego na RC dijeti tokom 6 meseci.

Kada uporedimo ovu studiju sa prethodno navedenim studijama ona potvrđuje da se veći gubitak kilograma ostvaruje na dijetama sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata. Međutim, ova studija je pokazala da kada se posmatra samo gubitak masti, da je dijeta sa niskim sadržajem masti, a većim sadržajem ugljenih hidrata efikasnija, kako u kraćem tako i u dužem periodu. Ovi autori takođe navode određen broj studija koje pokazuju da je ukupno veći gubitak kilograma na dijeta sa redukovanim unosom ugljenih hidrata verovatno posledica velikog gubitka vode i natrijuma iz organizma. Pored toga navode i određen broj studija koje su pokazale i negativni balans azota i samim tim veći gubitak bezmasne telesne mase odnosno mišićne mase kada se koriste dijetete sa niskim sadržajem ugljenih hidrata. Pomenutim mehanizmima ovi autori objašnjavaju značajno veći gubitak ukupne telesne mase ali ne i masne mase na dijetama sa niskim sadržajem ugljenih hidrata. Autori zaključuju da je kod gojaznih osoba efikasnije koristiti ishranu sa niskim sadržajem masti jer je u tretmanu gojaznosti važniji cilj izgubiti višak masnoća, a ne ukupni višak kilograma (Hall, K. D. i sar., 2015).

Sobzirom da su određene studije pokazale bolji status telesne kompozicije na ishrani sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata, a neke druge studije na ishrani sa višim vrednostima ugljenih hidrata i nižim vrednostima masti teško je zaključiti koju od pomenutih dijeta bi bilo adekvatnije koristiti u tretmanu gojaznosti i promeni telesne kompozicije. Međutim, možemo da zaključimo da bez obzira koja se dijeta koristi, da je veoma važno redovno pratiti telesnu kompoziciju i balans azota, ali i druge važne parametre, o kojima će nešto kasnije biti više reči, kako bi znali da li određeni režim ishrane pozitivno, efikasno i bezbedno deluje u tretmanu gojaznosti. Odnosno, režim ishrane je potrebno individualno odrediti i promene određenih parametara je potrebno pratiti u odnosu na cilj koji ta individua ima.

Takođe, sobzirom na veće efekte ishrane sa redukovanim unosom ugljenih hidrata tokom inicijalnih faza i prvih par meseci, možemo da zaključimo da je ovu dijetu opravdano primenjivati u okviru ovog perioda. Međutim, ukoliko se očekuju dugoročni rezultati određene ishrane, onda je adekvatnije i bezbednije primeniti režim ishrane koji je sličniji konvencionalnom načinu regulacije telesne težine koji podrazumeva blagi kalorijski deficit i pravilnu izbalansiranost svih makronutrijenata, jer ovakav način ishrane ne dovodi do neželjenih efekata, koja su zabeležena na dijetama sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, o kojima će takođe u nastavku teksta biti reči.

5.3. ISHRANA SA NISKIM SADRŽAJEM UGLJENIH HIDRATA I BOLESTI POVEZANE SA GOJAZNOŠĆU

Prekomerna telesna težina i gojaznost mogu uzrokovati niz različitih obolenja kardiovaskularnog i endokrinog sistema, kao što su hipertenzija, ateroskleroza, dijabetes melitus-tip 2, insulinsku rezistenciju, hiperinsulinemiju, metabolički sindrom kao i niz drugih endokrinih, ortopedskih i psihosocijalnih poremećaja.

U prethodnom delu rada smo videli kako ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata može da pomogne u tretmanu gojaznosti, a u nastavku rada će se videti kako utiče na određene kardiovaskularne i endokrine bolesti koje su povezane sa gojaznošću.

5.3.1. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na kardiovaskularni sistem

Kod gojaznih osoba, često su prisutni i kardiovaskularni simptomi, koji se mogu ispoljavati kroz poremećaj nivoa lipoproteina, povišen nivo triglicerida, povišen krvni pritisak i sl.

Ranije se ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata nije preporučivala od strane vodećih zdravstvenih organizacija, jer se smatralo da će ovakav način ishrane rezultirati u povećanju nivoa zasićenih masnih kiselina u ishranu, što može negativno uticati na kardiovaskularni sistem. Međutim, određene studije su našle da ovakav način ishrane može imati pozitivne efekte na krvni i kardiovaskularni profil.

U nastavku će biti navedene neke studije koje pokazuju učinak dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, odnosno koji su benefiti, a koji rizici ovakvog načina ishrane na kardiovaskularni sistem.

Hu i Bazzano, (2014) su u svom sistematskom pregledu našli da većina studija pokazuje da ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata povećava HDL holesterol, a smanjuje totalni i LDL holesterol.

Takođe navode da su skorašnje randomizovane kontrolisane studije pokazale da dijete sa niskim sadržajem ugljenih hidrata smanjuju sistolni i dijastolni krvni pritisak u sličnoj meri kao i dijete sa niskim sadržajem masti.

Sistemska pregled iz 2003 godine, je našao da dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata nema neželjenih efekata na profil lipida u serumu, krvni pritisak, kao ni na nivo glukoze nakon gladovanja, kada se u ishrani koristilo manje od 60g ugljenih hidrata dnevno (Bravata, D. M. i sar., 2003).

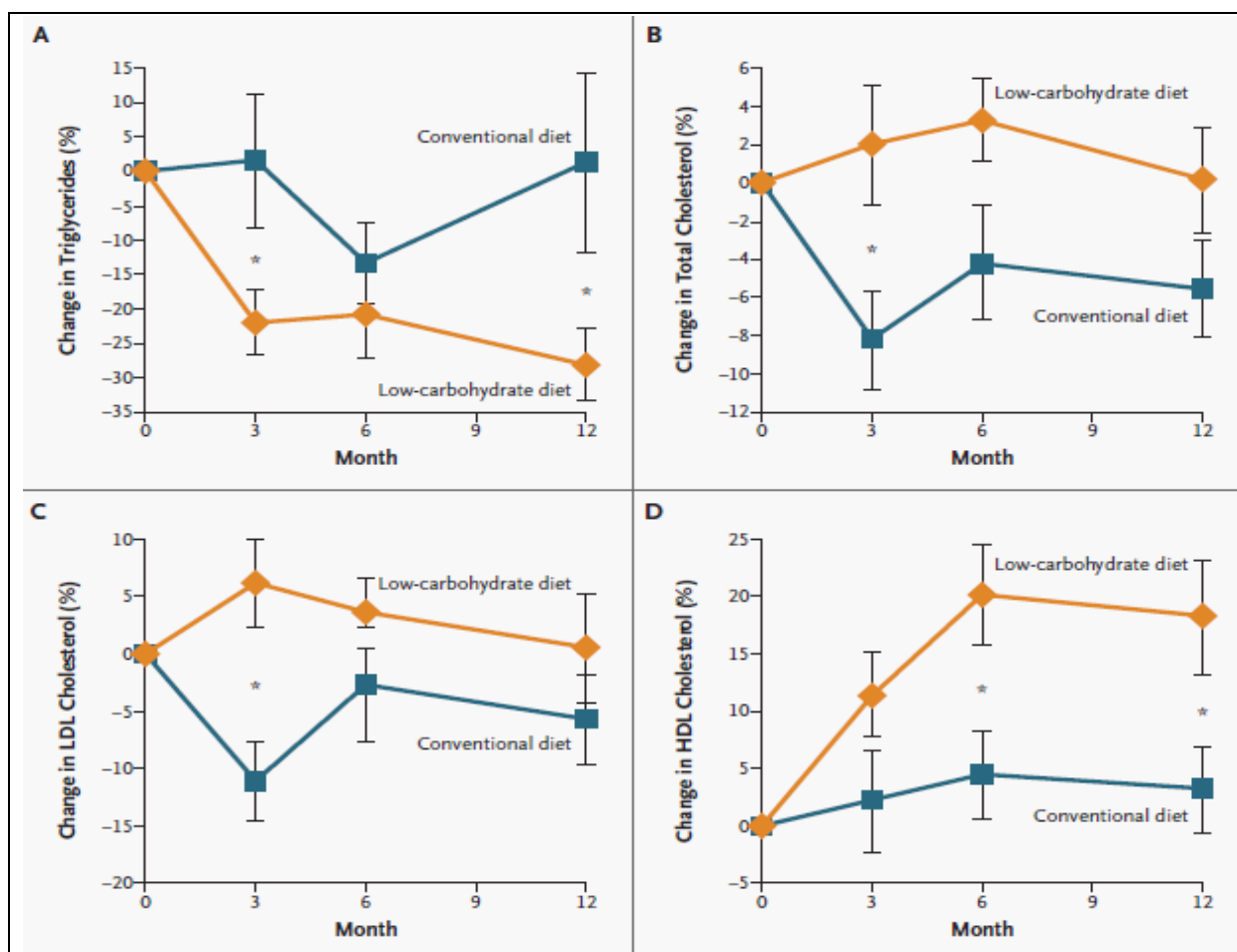
Sumithran i Proietto (2008) su u svom radu uporedili veliki broj studija koje pokazuju uticaje ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i niskim sadržajem masti na nivo triglicerida i lipoproteina (tabela 6). Kao što se iz priloženog vidi ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata pokazuje bolje efekte u redukciji triglicerida i HDL holesterola, ali ne i LDL holesterola, dok ishrana sa niskim sadržajem masti pokazuje bolje efekte u redukciji LDL.

Studija	Dijeta	Trajanje (meseći)	Gubitak u težini (kg)	Ukupni holesterol (%)	Trigliceridi (%)	HDL(%)	LDL(%)
1.	LC	6	8.5	0	-23*	13	-1
	LF		3.9	-1	2	8	-5
2.	LC	6	7.0	2	-15	15	3
	LF		3.1	-2	-8	3	-2
3.	LC	12	4.3	0	-17*	11*	0
	LF		2.5	-3	1	2	-3
4.	LC	3	9.9	-2	-40	9	3*
	LF		4.1	-9	-5	4	-21
5.	LC	6	3.2	0	-7	8*	-2
	LF		3.6	-5*	-1	-3	-8
	LC	12	2.1	-2	-1	7	-5
	LF		3.3	-5	3	-1	-9
6.	LC	10 nedelja	7.0	1*	-29	12*	0*
	LF		6.8	-27	-25	-15	-31
7.	LC	3	8.0	-2	-40*	5*	5*
	LF		6.7	-9	-4	-5	-11
8.	LC	1	1.2	16*	-30*	32*	15*
	LF		0.8	-5	4	-8	-5

Tabela 6. Razlike između ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (LC) i niskim sadržajem masti (LF), u gubitku težine i lipidnom profilu: HDL: lipoprotein visoke gustine. LDL: lipoprotein niske gustine, * statistički značajna razlika između grupa

Slične rezultate su našli Foster i sar. (2003), koji su prikazana na slici 9 i ovi rezultati su u saglasnosti sa prethodno navedenim studijama. Takođi ovi autori su našli da sistolni krvni pritisak nije značajno promenjen ni u jednoj grupi tokom studije. Dijastolni pritisak je smanjen u obe grupe, ali nije bilo značajnih razlika između grupa.

Autori zaključuju da u poređenju sa konvencionalnom ishranom, ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata je povezana sa većim poboljšanjem nekih faktora rizika za koronarnu bolest srca (serumski trigliceridi i serumski HDL holesterol), ali ne i drugih faktora (krvni pritisak, osjetljivost na insulin i serumski LDL holesterol.). Posebno ističu da povećan nivo LDL može imati negativne efekte na koronarnu bolest srca i ostala kardiovaskularna stanja. Takođe, navode da je moguće da velika količina zasićenih masti i mala količina voća, povrća i vlakana koja se konzumiraju tokom ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata mogu nezavisno povećati rizik od dobijanja koronarne bolesti srca (Foster i sar., 2003).



Slika 9. Razlike u uticaju između ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i konvencionalne dijetе na lipidni profil. Ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata ima bolji efekat na redukciju triglicerida, ukupnog holesterola i HDL holesterola, ali vrednosti LDL holesterola su u ovom slučaju povišene, naročito nakon 3 meseca, za razliku od konvencionalne dijetе gde je vrednost LDL redukovana

Takođe, rezultati meta-analize iz 2006 pokazuje da vrednosti triglicerida i HDL holesterola variraju povoljnije kod osoba koje primenjuju dijetу sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (nakon 6 meseci, za trigliceride, srednja razlika je, -22,1 mg/dL [-0,25 mmol/L]; 95% CI, -38,1-5,3 m /dL [0,43-0,06 mmol/L], a za HDL, srednja razlika je, 4,6 mg/dL [0,12 mmol/L], 95% CI, 1,5-8,1 mg/dL [0,04-0,21 mmol/L]), ali ukupni nivo holesterola i LDL holesterola je bio povoljniji kod osoba koje su primenjivale ishranu sa niskim sadržajem masti (srednja razlika u LDL nakon 6 meseci je, 5,4 mg/dL [0,14 mmol/L]; 95% CI, 1,2-10,1 mg/dL [0,03-0,26 mmol/L]) (Nordmann, A. J. i sar., 2006).

Hu i Bazzano (2014) su našli da ketogena dijetа sa niskim sadržajem ugljenih hidrata može imati negativne kardiovaskularne efekte kod dece sa epilepsijom. Oni navode da ketogena dijetа može biti povezana sa povećanim rizika od srčanih aritmija i nepovoljnim promenama u ukupnom, LDL i HDL holesterolu tokom dvogodišnje intervencije. Ovi autori takođe navode da povećan unos zasićenih masnih kiselina može negativno uticati na lipidni profil krvi, ali da

smanjivanje količine i poboljšanje kvaliteta ugljenih hidrata adekvatnim odabirom kao i upotreba zdravih zamena za ugljene hidrate, kao što su maslinovo ulje, piletina, riba, avokado, zeleno lisnato povrće i proizvodi od soje, mogu smanjiti rizik od kardiovaskularnih oboljenja kao i pozitivno uticati na smanjenje težine.

Kosinski, i Jornayvaz, (2017) takođe navode da je za kardiovaskularne faktore rizika, veoma važan sastav ishrane, koji se konzumira. Ovi autori navode da u studiji koja je pokazala dobiti ketogene dijeta na nivo triglicerida i nivo HDL holesterola istraživači su odlučili da koriste prehranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata bogatu nezasićenim i veoma siromašnu zasićenim masnim kiselinama, što je značajno uticalo na lipidni profil, ali i poboljšanje drugih metaboličkih stanja kao što su nealkoholna bolest masne jetre, insulinska rezistencija i dijabetes tipa 2.

Možemo da zaključimo da ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata povoljno utiče na određene parametre i faktore rizika za nastanak kardiovaskularnih oboljenja kao što su nivo triglicerida i HDL holesterola, ali da nema značajnih efekata na vrednosti LDL holesterola i krvnog pritiska, već se vrednosti LDL holesterola primenom ovakve ishrane mogu pogoršati. Prema tome generalni efekti ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na kardiovaskularne bolesti još uvek nisu razjašnjeni do kraja i potrebna su dodatna istraživanja. Međutim, kada su se u ishrani više primenjivale zdrave, odnosno nezasićene masne kiseline pokazivan je bolji lipidni profil, nego kada su ishranu činile veće vrednosti zasićenih masnih kiselina.

Prema tome možemo da zaključimo da je kod primene dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata bitno voditi računa o sastavu masnoća i njihovom kvalitetu, ali i kontrolisati određene faktore rizika u odnosu na definisane referentne vrednosti, kako bi oni tokom perioda primene dijeta bili u optimalnom odnosu, a ovo se najefikasnije može postići individualnim određivanjem režima ishrane i individualnim monitoringom nezavisno od kontradiktornih podataka različitih istraživanja, koje svakako treba uzeti u obzir ali ih ne bi trebalo generalizovati.

5.3.2. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na dijabetes, inzulinsku rezistenciju i metabolički sindrom

Autori koji smatraju da je ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata efikasna u tretmanu dijabetesa uglavnom navode da dosadašnji pristup tretiranja epidemije gojaznosti i dijabetesa, a koji podrazumeva ishranu sa 50 – 60% ugljenih hidrata i povećanu fizičku aktivnost, nije dao željene efekte i da je potreban alternativni pristup ovoj problematici, te predlažu ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata. Takođe, hipotezu koju zastupaju objašnjavaju mehanizmima i potkrepljuju istraživanjima koja su pokazala da je ishrana sa visokim unosom ugljenih hidrata povezana sa povećanim rizikom od nastanka dijabetesa tipa 2, kardiovaskularnih oboljenja i metaboličkog sindroma. Pored toga navode da su ugljeni hidrati glavni sekretori insulina i da najviše utiču na kontrolu nivoa glukoze (Arora, S. K., & McFarlane, S. I., 2005).

Neki drugi autori ne negiraju pozitivan uticaj određenih konvencionalnih pristupa u tretmanu dijabetesa, kao što su dijete sa smanjenim unosom masti, koje su dale rezultata u tretmanu dijabetesa, ali navode da ne bi trebalo ni zanemarivati pozitivan uticaj na pomenuta stanja koja se mogu ostvariti ishranom sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (Accurso, A. i sar., 2008).

Pomenuti autori navode niz studija u kojima su prikazani pozitivni efekti ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, na dijabetes, insulinsku rezistenciju i metabolički sindrom.

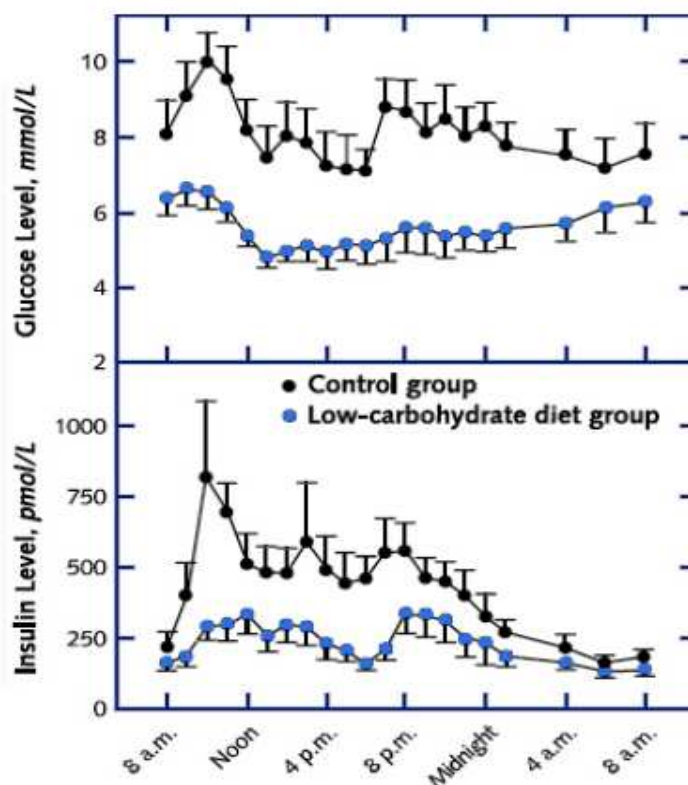
Arora, S. K., & McFarlane, S. I. (2005) u svom radu navode studiju u kojoj se smatra da su ovi efekti ispoljeni nezavisno od gubitka kilograma. Ova studija je bila kratkog trajanja kod dijabetičara koji su imali stabilnu težinu i pokazala je da je restrikcija u ugljenim hidratima rezultirala u značajnom smanjenju glikoliziranog hemoglobina (HbA1c) sa 8.1% na 7.3% ($p < 0.05$). Ovi autori navode još jednu studiju rađenu na 8 dijabetičara koja je pokazala da ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata ima bolje efekte od ishrane sa višim sadržajem ugljenih hidrata i rezultira manjim nivoom HbA1c ($7.6\% \pm 0.3$), kao i nižim vrednostima glukoze i insulina u krvi, za razliku od ishrane sa višim sadržajem ugljenih hidrata koja je rezultirala većim nivoom HbA1c ($9.8\% \pm 0.5$) i većim vrednostima glukoze i insulina. Obe dijete rezultirale su približno istim gubitkom u težini. Ovi podaci potvrđuju da su efekti ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na nivo glukoze nezavisni od gubitka težine i da su povezani sa restrikcijom unosa ugljenih hidrata.

Isti istraživači takođe nalaze da su ugljeni hidrati najodgovorniji za nivo glukoze u krvi nakon obroka i da ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata ima pozitivan učinak na nivo glukoze i insulina u serumu.

Međutim, postoje i naučnici koji smatraju da su efekti ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata prvenstveno nastali zbog gubitka u težine, a ne nužno zbog smanjenja unošenja ugljenih hidrata. Vestman i sar. (2007) objavili su tematski pregled metaboličkih efekata LCHF dijeta, i zaključili da LCHF dijete dovode do smanjenja apetita i posledično do gubitka težine i odgovarajućih poboljšanja različitih faktora rizika od bolesti.

Istraživanje Boden, G. i sar. (2005) merilo je efekte ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kod gojaznih osoba sa dijabetesom tipa 2. Nivo srednjih vrednosti nivoa glukoze nakon gladovanja pao je sa 7.5 mmol/L (135mg/dL) osmog dana, na 6.3 mmol/L (113mg/dL) 22 dana ($p = 0.025$), glikolizirani hemoglobin je pao sa 7.3% na 6.8% ($p = 0.006$), i nivo glukoze i insulina nakon 24h je pao značajno. Redukcija u koncentraciji glukoze rezultirala je redukcijom u uzimanju medikamenata kod 5 od 10 pacijenata. Tokom testa euglkemijske hiperinsulinemijske stezaljke srednje vrednosti glukoze koja je bila potrebna da se ubrizga u krvotok porasla je za 30%, što znači da se značajno povećala i osetljivost na insulin.

Slične efekte našli su Accurso, A. i sar. (2008) u svojoj pažljivo kontrolisanoj studiji na 10 gojaznih pacijenata sa dijabetesom tipa 2. Četrnaest dana dijete sa niskim sadržajem ugljenih hidrata rezultiralo je značajnim smanjenjem nivoa glukoze u plazmi i HbA1c sa 7,3% na 6,8%, a osetljivost na insulin se poboljšala za oko 75%. Nisu prijavljeni neželjeni efekti, a ugljeni hidrati koji su redukovani nisu zamenjeni znatnim povećanjem proteina ili masti (slika 10).



Slika 10. Nivo glukoze i insulina kod pacijenata sa dijabetesom tipa 2 pokazuje stabilnije vrednosti kod dijeta sa redukovanim ugljenim hidratima u odnosu na kontrolnu dijetu.

aterogene dislipidemije, hiperglikemije i hipertenzije, nazvano metaboličkim sindromom, ukazuje na zajednički osnovni uzrok. Suština ovog koncepta leži u mogućnosti da tretiranje jednog faktora rizika ili stanja može imati koristi i kod drugih faktora rizika odnosno bolesti. Upravo su Volek i Feinman, (2005) u svojoj studiji pokazali da restrikcija u unosu ugljenih hidrata ima pozitivno dejstvo na sve pomenute faktore rizika.

Iako prethodne studije pokazuju pozitivne efekte na nivo glukoze i inuslina određene studije ipak pokazuju da ovi efekti nisu tako dugoročni. Na primer Forster i sar. (2003) su našli značajno poboljšanje osetljivosti na insulin nakon 6 meseci, ali ne i polse 1 godine. U drugoj studiji, primećeno je kratkoročno smanjenje HbA1c posle 6 meseci, ali ovo smanjenje nije održano nakon 24 meseca (Iqbal, N. i sar., 2010).

Takođe je vrlo zanimljiva studija koja je pratila grupu nedijabetičkih muškaraca, zdravstvenih radnika mlađih od 65 godina tokom 20 godina, gde se pokazalo da je ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i visokim sadržajem životinjskih proteina i masti bila povezana sa dvostruko povećanim rizikom od dijabetesa tipa 2. Sa druge strane, ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata a sa visokim sadržajem biljnih proteina i masti bila je povezana s smanjenjem rizika od dijabetesa tipa 2 (de Koning i sar., 2011).

Arora, S. K., i McFarlane, S. I. (2005) takođe navode određene studije koje su pokazale pozitivan efekat ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na hiperinsulinemiju kod osoba sa dijabetesom tipa 2 i na insulinsku rezistenciju. Boden i sar. (2005) su pokazali značajno poboljšanje osjetljivosti na insulin, i do 75%, na ishrani sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, za merenje se koristila metoda euglikemijske hiperinsulinemijske stezaljke. Međutim, Stern i saradnici (2004) nalaze da iako su ovi efekti prisutni tokom perioda dijeta od 6 meseci, da oni nisu različiti nakon 1 godine, kada se uporede dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i dijeta sa niskim sadržajem masti.

Važna ideja kojom se medicina trenutno vodi jeste da grupisanje naizgled različitih fizioloških stanja, gojaznosti,

Ono što takođe predstavlja suprotnost prethodno navedenim studijama je da je u određenim istraživanjima nađeno da i ishrana sa visokim sadržajem ugljenih hidrata može biti efikasna u tretmanu dijabetesa. Na primer Nuttall, F. Q. (1988) zaključuje *„Izgleda da je za lečenje dijabetesa najbolja ishrana sa visokim sadržajem ugljenih hidrata i niskim sadržajem masti, jer rezultira normalnim prosečnim nivoom glukoze u krvi. Pored toga povećanje rastvorljivih vlakana u ishrani takođe može biti korisno u smanjenju koncentracije holesterola u serumu.”*

Još jedna studija je pokazala pozitivne efekte na dijeti sa niskim sadržajem masti u tretmanu dijabetesa tipa 1, gde se insulinska senzitivnost povećala za 30%. (Rosenfalck i sar., 2006). Vrlo je zanimljiva i studija koja je koristila vegansku dijetu sa niskim sadržajem masti i visokim sadržajem ugljenih hidrata i koja je našla bolje rezultate u profilu glukoze i lipida u serumu u poređenju sa standardnom dijetom koja se koristi u tretmanu dijabetesa (Barnard, N. D., 2009).

Određeni autori iako nalaze pozitivne efekte ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i navode da ishrana pozitivno utiče na koncentraciju glukoze u krvi, nivo glikolizovanog hemoglobina, smanjenje insulina uzetog tokom terapije lekovima, smanjenje telesne težine, kao i povoljne promene lipidnog profila HDL holesterola i nivoa triglicerida, ipak navode i određene negativne efekte koju se mogu ispoljiti, kao što su povećani rizik od deficita minerala, hipovitaminoze i smanjenog unosa dijetetskih vlakana. Takođe, ova dijeta može biti povezana i sa vrlo visokim nivoima proteina što, s druge strane, podiže rizik od bubrežne disfunkcije i pojavu nepravilnosti u ravnoteži vode i elektrolita. Uticaj promena u skeletnom sistemu i razvoj osteopenije i osteoporoze takođe je primećen. Osim pozitivnog uticaja ovog modela ishrane na parametre lipidnog profila, njegova upotreba značajno povećava rizik od štetnih promena u drugim markerima koji predispoziraju aterosklerozi koja se javlja kod osoba s dijabetesom tipa 2 (Czyzewska-Majchrzak, L. i sar., 2014).

Takođe još jedna studija navodi da dijetu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata izgledaju kao sigurne i delotvorne u kratkom roku, ali ne pokazuju statistički značajne razlike od kontrolnih dijeta sa većim sadržajem ugljenih hidrata i ne mogu se preporučiti kao podrazumevani tretman za osobe sa dijabetesom tipa 2 (Dyson, P., 2015).

Na osnovu ovih podataka možemo da zaključimo da postoje studije koje su međusobno kontradiktorne. Dakle, u određenim studijama koje su navodile da je uzrok pojave dijabetesa, insulinske rezistencije i metaboličkog sindroma povišen nivo ugljenih hidrata, našli smo pozitivne efekte kada se u ishrani redukuju ugljeni hidrati. Međutim, neke druge studije pokazuju da se pomenuti simptomi mogu efikasno tretirati i sa ishranom sa visokim nivoom ugljenih hidrata što automatski pobija prethodnu hipotezu, da su ugljeni hidrati glavni faktor koji dovodi do pojave oboljenja. Takođe, se u određenim studijama pokazalo da su efekti koje dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata ima na ova oboljenja uglavnom kratkoročni i da u periodu od godinu dana nisu statistički značajniji od efekata koji se postižu sa ishranom sa visokim sadržajem ugljenih hidrata. Takođe, se navode i određeni negativni efekti koja ovakva dijeta

može imati kod osoba koje se leče od dijabetesa. Međutim, bez obzira na to ne možemo ni negirati pozitivne efekte koji su se ispoljili u velikom broju studija.

Prema tome možemo da zaključimo da prilikom sastavljanja modela ishrane kod pacijenata sa dijabetesom, trebalo bi uzeti u obzir i benefite i potencijalne rizike koji se pojavljuju kod ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata. Takođe, veoma je važno individualizirati ishranu na osnovu trenutnog zdravstvenog stanja, trenutnog farmakološkog tretmana, i na osnovu individualnih karakteristika pacijenta.

5.4. Ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kod drugih oboljenja

Osim što se ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata koristi za tretman dijabetesa, insulinske rezistencije, hiperinsulinemije i metaboličkog sindroma, primenu je našla u još nekim oboljenjima. Ona se izorno koristila za tretman epilepsije, a pored pomenutih oboljenja danas se koristi i u lečenju sindroma policističnih jajnika, bezalkoholne bolesti masne jetre, gastroezofagealnog refluksa, narkolepsije, nekih vrsta kancera i neurodegenerativnih oboljenja kao što su Alchajmerova i Parkinsonova bolest (Sumithran, P., & Proietto, J. 2008).

5.5. Negativni efekti ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata

Iako smo videli da određene studije pokazuju pozitivne efekte ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na gubitak u težini i određena oboljenja, ipak su u određenim studijama nađeni i neželjeni efekti ove dijeta.

Sumithran i Proietto (2008) su našli da su se određeni neželjeni efekti više ispoljavali kod ispitanika koji su bili na ishani sa niskim sadržajem ugljenih hidrata u poređenju sa ispitanicima koji su bili na ishrani sa niskim sadržajem masti. Ta studija je vršena na 119 gojaznih osoba i statistički značajne razlike su se ispoljile u sledećim simptomima: konstipacija (60% vs. 40%), halitoza (38% vs. 8%), grčevi u mišićima (35% vs. 7%), dijareja (23% vs. 7%), opšta slabost (25% vs. 8%) i osip (13% vs. 0%). Takođe, navode i studiju koja je pokazala više grešaka u neuropsihološkom testu kod osoba koje su primenjivale ketogenu dijetu, za razliku od osoba koje su primenjivale hipokaloričnu dijetu, a rezultati u testu su se pogoršali nakon 7 dana.

Pored toga navode da se kod primene ove dijeta mogu javiti i pankreatitis, panični napadi, metabolička acidoza i hipokalemija, koja je eventualno bila posledica srčane smrti kod jednog šesnaestogodišnjeg ispitanika.

Zabeležno je i da ovakav način ishrane može biti nutritivno neadekvatan, odnosno mogu se javiti deficiti u unosu vlakana, tiamina, folata, kalijuma, kalcijuma, magnezijuma, gvožđa i vitamini A, E i B6.

Kao što je ranije bilo navedeno, ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata može povećati i LDL holesterol i tako povećati rizik od nastanka određenih kardiovaskularnih bolesti

kao što su koronarna bolest srca i arteroskleroza, a takođe je bilo i reči o negativnim efektima koji se mogu ispoljiti kod osoba koje koriste ovakav način ishrane u tretmanu dijabetesa.

Neželjeni efekat	IKDCS test	Intervencija
Hiperlipidemija	Lipidni profil	Promena izvora masti, povećati unos biljnih ulja, smanjiti unos zasićenih masti, promeniti izvor proteina, smanjiti unos holesterola, povećati unos omega3 masnih kiseleina
Bolesti srca	Nivo selenijuma u celoj krvi i u plazmi, nivo kalijuma i kalcijuma	Suplementacija selenijumom, morski plodovi, riba, semenke, povećati unos kalijuma i Ca
Zastoj u razvoju	Pratiti visinu i težinu, dužinu nogu, albumine, IGF – 1	Povećati unos kalorija i zdravih proteina
Gastro – intestinalna oboljenja	Gastroezofagealni refluks Konstipacija Masna jetra Pankreatitis	Primeniti H2 antagoniste i inhibitore protonске pumpe, povećati unos tečnosti i vlakana, koristiti polietilen glikol,
Nefrolitijaza Kamen u bubrež (urična kiseina)	Kućni monitoring urina Urinarni Ca/Cr odnos Provera bubrežne funkcije	Povećati hidrataciju, unositi citrate radi regulisanja PH
Disbalans elektrolita, deficit minerala i vitamina	Provera njihovih vrednosti u urinu i serumu	Suplementacija, uravnotežiti ishranu, zadovoljiti preporučene dnevne potrebe
Reasorbicija minerala iz kostiju, osteopenija, osteoporoza	DEXA (Denzimetrija kostiju aksijalnog skeleta)	Povećati unos kalcijuma, magnezijuma, vitamina D i K, omega 3,

Tabela 7. Neželejni efekti, njihov monitoring i saniranje kod ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata. Modifikovano prema IKDCS preporukama.

Pošto ograničenje ugljenih hidrata često dovodi do povećanog unosa proteina, teško je odvojiti efekte ovakvog načina ishrane od efekata povećanog unosa proteina na bubrežnu funkciju i status koštanog tkiva. Visoke proteinske dijetе imaju brojne efekte na bubrežnu funkciju i metabolizam kostiju, uključujući povećano izlučivanje kalcijuma putem urina, povećanje markera resorpcije kostiju bez kompenzacijskog povećanja markera formiranja kostiju, povećane stepena glomerularne filtracije i bubrežnog volumena, sniženje urinarnog PH, hiperurikemija, hiperurikozurija i smanjeni PH urinarnih organa. Mnoge od ovih promena mogu dovesti do nefrolitijaze odnosno do stvaranja kamena u bubrež.

Hronična metabolička acidoza koja se može ispoljiti kod primene ove dijetе može dovesti do resorpcije kalcijuma iz kostiju i posledično povećati rizik od nastanka osteopenije ili osteoporoze.

Treba napomenuti da se pomenuti simptomi mnogo češće ispoljavaju kod osoba koje primenjuju ketogenu dijetu u svrhu lečenja određenog oboljenja, kao što je na primer epilepsija. Ketogena dijeta koja se primenjuje kod dece sa epilepsijom, pored pomenutih sptoma može

dovesti i do hiperlipidemije, zastoja u rastu i razvoju, određenih srčanih problema i sl. Zbog toga je 2008. godine donet IKDCS (Međunarodni koncenzus o primeni ketogene dijeta) koji u odnosu na određene neželjen efekte navodi na koji način oni mogu da se saniraju, tabela 7 (Bergqvist, A. C., 2012).

Sobzirom da se većina tih neželjenih efekata javila i kod osoba koje su primenjivale ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata u svrhu redukcije telesne težine ili radi tretmana nekog drugog oboljenja možemo da kažemo da ovaj vodič u cilju redovne kontrole i monitorniga mogu primenjivati svi oni koji su na dijeti sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata.

5.6. UTICAJI ISHRANE SA NISKIM SADRŽAJEM UGLJENIH HIDRATA NA PERFORMANSE U SPORTU

Sport se sve više razvija i danas se od sportista očekuje da postižu rezultate na najvišem mogućem nivou. Da bi to uspjeli da postignu potrebno je obuhvatiti čitav niz faktora koji utiču na sportiski rezultat, a jedan od svakako bitnih faktora je pravilno isprogramirana ishrana.

Većina autora i vodeće sportske i zdravstvene organizacije preporučuju veći unos ugljenih hidrata, a manji unos masti, naročito kod sportista. Na primer eksperti iz Evropske agencije za sigurnost hrane (EFSA) su 2010 godine predložili da ugljeni hidrati treba da čine 45 do 60% dnevnog unosa energije u ishranu odraslog prosečnog čoveka, i više od 60% u ishrani sportiste. U obe preporuke, 80-90% energije ugljenih hidrata treba da čine složeni ugljeni hidrati. U takvim slučajevima, udeo ugljenih hidrata iznosi od 6 do 8 grama na kg telesne mase. Takođe, većina međunarodnih stručnjaka za hranu preporučuje da unos masti treba da bude oko 30% dnevnog unosa kalorija; 2009 godine Svetska zdravstvena organizacija i Organizacija za hranu i poljoprivredu ujedinjenih nacija su preporučili da minimalni dnevni unos masti treba da bude 15% a maksimalni unos masti 35% ukupnog energetskog unosa kod sedentarnih osoba. Sportisti se savetuju da 30% energetskog unosa čine masti.

Međutim, bez obzira na navedene preporuke određeni istraživači su postulirali da bi ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, a visokim sadržajem masti i proteina mogla da bude takođe efikasna ili još efikasnija od klasične ishrane koja se preporučuje sportistima. U nastavku rada će se pokazati efekti ovakvog načina ishrane na telesnu kompoziciju sportista, koja je važna u svim sportovima, a posebno u sportovima koji se klasifikuju po kategorijama telene težine, zatim će se prikazati uticaj na performanse u sportovima izdržljivosti, visoko intenzivnim sportovima i sportovima snage, kao i na perceptivne, kognitivne i motorne funkcije sportista.

Iako je ranije bilo reči o nekim negativnim efektima i visokom unosu masti, u ovom delu je takođe bitno pomenuti neke preporuke, kada je u pitanju unos masti kod sportista, budući da je ovakav način ishrane praćen velikim procentom u unosu masnoća. Tako Svetska zdravstvena organizacija i Organizacija za hranu i poljoprivredu ujedinjenih nacija preporučuju da polinezasićene esencijalne masne kiseline (PUFA) treba da obezbede minimum 3% energije, uključujući 2% n-6 masnih kiselina i 1% n-3 masnih kiselina. Mora se naglasiti da prekomerni

unos n-6 PUEFA-a doprinosi porastu koncentracije vrlo reaktivnih slobodnih radikala nastalih tokom oksidacije masnih kiselina. Nedavne studije pokazuju da konzumiranje n-3 PUEFA i antioksidanata, posebno vitamina E, inhibira oštećenje ćelijske DNK i proliferaciju kancerogenih ćelija. Stoga je veoma važno da dijeta uključuje visokokvalitetne masti, npr. morske riblje masti i biljne masti iz izvora kao što su suncokret, seme bundeve, kukuruz, soja, orasi koji sadrže velike količine n-9 mononenasićenih i n-3 polinenasićenih masnih kiselina čije su koristi na zdravstveni status opisane u brojnim studijama (Zydek, G. i sar., 2014).

Takođe, je veoma važno da tokom primene ovakvih dijeta nivo proteina kod sportista bude zadovoljavajući te su preporuke da oni treba da unose od 1,3 do 2,5 g/kg proteina kako bi se obezbedilo održavanje mišićne mase, glukoneogeneze i oksidacije masti.

Pored toga efikasnost primene određene dijeta zavisi od dominantnosti i efikasnosti energetske sistema za obezbeđivanje energije, koji su pored ishrane uslovljeni i nizom drugih faktora, tako da pre nego što se pređe na rezultate istraživanja ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na performanse u sportu, radi boljeg razumevanja, prvo će se opisati ti faktori i energetske sistemi.

5.6.1. Energetski sistemi koji omogućavaju mišićni rad

U mišićnim ćelijama postoje tri metabolička procesa tokom kojih dolazi do stvaranja ATP-a: 1) fosfageni, 2) laktacidni (glikoliza) i 3) aerobni (oksidativni). Brzina (energetska moć) i bilans (kapacitet) stvorene energije su osnovne razlike koje su uslovile ovakvu podelu. Osnovne karakteristike fizičkog rada: intenzitet, trajanje i karakter uslovljavaju dominaciju jednog od ovih procesa za obezbeđivanje energije (tabela 8). Prva dva procesa odvijaju se u anaerobnim uslovima, a treću u aerobnim.

Energetski izvor		Maksimalna moć (mol ATP/min)	Maksimalni kapacitet (mol ATP)
Fosfageni		3,6	0,5
Anaerobni izvori		1,2	1,2
Oksidativni izvori	Glikogenoliza	0,8	80
	Lipoliza	0,4	6000

Tabela 8. Maksimalna energetska moć i kapacitet energetske sistema

1. Fosfageni energetski sistem: ovaj sistem stvara ATP ili fosforilacijom ADP-a ili pomoću CP – a. Ovaj sistem obezbeđuje energiju za fizički rad kakav je prisutan u brzinskim i brzinsko snažnim sportskim aktivnostima. Kapacitet ovog izvora je takav da obezbeđuje energiju za vršenje rada u trajanju najviše 5-6 sekundi.

2. Glikolitički (laktacidni) energetski sistem: ovaj sistem karakteriše velika moć, odnosno velika brzina stvaranja energije. Stoga ovaj izvor obezbeđuje energiju za vršenje rada visokog intenziteta koji može trajati 20 sekundi do 1-2 minuta, kao i rad koji je vezan za snažne mišićne

kontrakcije. Takođe, prednost glikolize je u brzom oslobađanju energije u uslovima kada organizmu nedostaje kiseonik (u početku rada; zatim u toku rada koji prevazilazi aerobne sposobnosti pojedinca; i u finišu trke). Nepovoljni efekti glikolize su nagomilavanje kiselih produkata i neefikasnost jer se od jednog mola razgrađene glikoze do pirogroždane kisleine iskoriste samo 67 KJ za resintezu ATP od ukupno raspoložive energije koja iznosi 2881 KJ, dakle samo 2,3 %. (Ilić, N., 2010).

3. Aerobni oksidativni energetske sistem: kada su karakteristike fizičkog rada takve da je dotok kiseonika do mišićnih ćelija potpuno zadovoljavajući, stvoreni su uslovi za aktivnost oksidativnog sistema za produkciju energije. Ugljeni hidrati i masti su osnovni hemijski supstrati ovog sistema dok je uloga proteina generalno zanemarljiva. Međutim, ona u ovom slučaju, kada se primenjuje ishrana sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata, može biti veoma značajna u obezbeđivanju energije. Ono što je takođe bitno kada se primenjuje ovakav način ishrane je odnos između energetske udela masti i ugljenih hidrata. Ovaj odnos je tokom fizičkih aktivnosti determinisan relativnim intezitetom rada, tj. procentualnom vrednošću maksimalnog utoška kiseonika ($\% \text{VO}_{2\text{mak}}$) – što je veći relativni intezitet izvršenog rada, proporcionalno je veći udeo ugljenih hidrata, odnosno srazmerno manji udeo masti u celokupnoj energetskoj produkciji aktivnih mišića. Kada pri nekom radu utrošak kiseonika iznosi preko 60% maksimalne vrednosti ($\text{VO}_{2\text{ max}}$), ugljeni hidrati su dominantni u odnosu na masti kao energetske supstrat. Gotovo u svakom radu zastupljeni su i glikoliza i lipoliza, odnosno u procesu stavljanja energije uključeni su i ugljeni hidrati i masti, a ovaj odnos se predstavlja disajnim količnikom (RQ), koji kada je bliži broju 1 govori da su dominantan izvor energije ugljeni hidrati, a kada je bliži vrednosti 0,7 da su dominantan izvor energije masti. Određeni način ishrane, odnosno restrikcija u unosu ugljenih hidrata i povećan unos masti, može da utiče kako na RQ tako i na dominantnu potrošnju određene supstrate pri određenoj vrednosti $\text{VO}_{2\text{ max}}$, što će se videti u nastavku rada. Oksidativni procesi su višestruko ekonomičniji od glikolitičkih, jer se razgradnjom jednog molekula glukoze oslobađa energija za resintezu 36 molekula ATP, a pri anaerobnoj glikolizi dobijena energija omogućava resintezu 2, odn. 3 molekula ATP. Takođe, krajnji proizvodi ovog sistema su ugljen dioksid i voda, koji ne predstavljaju znatnu smetnju za održavanje homeostatskih uslova organizma. Ovaj sistem može da obezbedi i višesatan efikasan rad, te je pogodan za sportove koji su izuzetno dugog trajanja. Međutim, ovaj sistem je 10 puta sporiji od anaerobnog i nemoguće je obezbediti veliku količinu energije u kratkom vremenu, tj. nemoguće je osigurati dovoljno energije za kratkotrajne intenzivne napore (Ilić, N., 2010).

Dakle aktivnost energetskih sistema je vrlo bitan faktor koji treba uzeti u obzir kada se programira ishrana za određenu sportsku aktivnost. Različite sportske aktivnosti i različit intezitet i trajanje te aktivnosti će usloviti odabir određenog načina ishrane. Osim toga sam način ishrane će uticati na efikasnost tih energetskih sistema, kao i na dominantnost jednog izvora energije u odnosu na drugi. Restrikcijom ugljenih hidrata iz organizma, zahteva se od organizma da modifikuje rad pomenutih energetskih sistema. U ovom slučaju oksidacija masti postaje dominantniji metabolički put od oksidacije ugljenih hidrata. Međutim, kako je glukoza koja se dobija iz ugljenih hidrata neophodna za proces glikolize, koja je daleko brži i intenzivniji

metabolički put za stvaranje energije, koji je na primer neophodan kod kraćih i intenzivnijih sportskih aktivnosti organizam je primoran, da na druge načine obezbeđuje dovoljnu količinu glukoze. Stoga je bitno da se organizam adaptira na ovakav način stvaranje energije, kako bi rad mogao da se odvija efikasno i kada je smanjen unos ugljenih hidrata. Međutim, čak i kada je organizam adaptiran, smanjen unos ugljenih hidrata u nekim sportskim aktivnostima može negativno uticati na efikasnost rada. Iz ovih razloga je opšta preporuka da se dijeta sa niskim sadržajem ugljenih hidrata može primijenjivati prvenstveno za ultra duge aktivnosti (3-4 sata), pod uslovom da intenzitet mišićnog rada mišića ne prelazi 60-70% VO₂max. Međutim, u visokointenzivnim sportovima, čiji intenzitet prelazi 70% VO₂max i u sportovima snage u kojima dominira metabolizam fosfata, ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata može se koristiti prvenstveno za smanjenje težine ili promenu telesne kompozicije (Zydek, G., 2014).

5.6.2. Faktori koji utiču na odabir ishrane kod sportista

Kao što smo videli različiti energetske sistemi će omogućiti proizvodnju energije različitom brzinom i u različitoj količini. Sva tri energetska sistema su uglavnom istovremeno uključena u proizvodnju energije, međutim kako postoji veliki broj različitih sportskih aktivnosti dominantnost jednih u odnosu na druge će se značajno razlikovati od aktivnosti do aktivnosti. Odabir ishrane za određenu sportsku aktivnost treba da bude u saglasnosti sa aktivnošću energetskih sistema tokom te aktivnosti. Zbog toga je prilikom programiranja ishrane za određenog sportistu potrebno uzeti u obzir sledeće faktore:

1. Tip sportske aktivnosti
2. Konstitucioni tip sportiste
3. Metabolički tip (BMR – vrednost bazalnog metabolizma)
4. Obim i intenzitet sportske aktivnosti
5. Navike u ishrani sportiste

5.6.3. Adaptacija sportista na ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata

Prebacivanje profesionalnih sportista visokih performansi sa mešovite dijeta sa visokim sadržajem ugljenih hidrata na ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata i sa značajnim sadržajem masti je prilično teško i može trajati od 7 do 20 dana. Tokom ovog perioda tranzicije sportisti doživljavaju umor, a nervne ćelije rade manje efikasno, što otežava koncentraciju sportista i efikasno izvođenje tehničkih zadataka visokog intenziteta. Još jedan važan aspekt ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata je kvalitet konzumiranih masti. Dijeta u kojoj dominiraju zasićene masne kiseline životinjskog porekla može dovesti do želudačnih i mentalnih poremećaja kod sportista koji treniraju na visokom intenzitetu (Zydek, G., 2014).

Međutim, kada sportisti nakon određenog vremena uspeju da se adaptiraju na ovakav način ishrana mogu efikasno da funkcionišu. Prema tome, neki visoko prilagođeni trkači koji obezbeđuju manje od 10% energije iz ugljenih hidrata u stanju su da oskidišu masti više od 1,5 g/min tokom progresivnog intenzivnog vežbanja i da konzistentno održavaju stope oksidacije masti preko 1,2 g/min tokom vežbanja na ~ 65% $\text{VO}_{2\text{mak}}$ čime se obezbeđuje 56 kJ/min tokom produženog vežbanja (Volek, J. S., 2015; Phinney, S. D. i sar., 1983). Preostala energija bi se obezbeđivala oksidacijom laktata iz krvi, ketonskim telima i glukozom dobijenom iz glukoneogeneze (Noakes T.D., 2003). Dakle, sportista koji se prilagodio na oksidaciju masti u vrednosti 1,5 g/min pokriće njegovu energetske potrošnju tokom Ironman Triathlon-a bez potrebe za unošenjem egzogenih izvora energija, posebno ne ugljenih hidrata. Ovo je u suprotnosti sa potrebama sportista prilagođenih na ugljene hidrate koji moraju da unose 90-105 g/h ugljenih hidrata tokom produženog vežbanja, ako žele da održe svoje performanse na visokom nivou (Jeukendrup, A., 2013; Burke, L. M. i sar., 2011.). Dakle, kada istroše svoje endogene rezerve ugljenih hidrata, sportisti koji su hronično prilagođeni na dijetu sa visokim sadržajem ugljenim hidratima verovatno postaju potpuno zavisni od egzogenih ugljenih hidrata, koji postaju neophodni za njihov učinak. Nasuprot tome, sportisti prilagođeni na dijetu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata nose svu potrebnu energiju u svojim obilnim rezervama masti.

5.6.4. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na telesnu kompoziciju sportista

Ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata se najčešće koristi u redukciji telesne težine. Ovakav način ishrane je uglavnom efikasniji od ostalih načina, bar u početnim stadijumima dijetu, kao što se videlo u prethodnom delu rada. Ovi efekti u inicijalnom gubitku težine mogu biti veoma značajni u sportovima koji se klasifikuju po telesnoj masi. Naime, sportisti su nekada primorani da za kratko vreme izgube dosta na težini, kako bi mogli da se takmiče u svojoj kategoriji. Međutim, ekstremni energetske deficit i dehidracija koju ovi sportiste sprovode kako bi se postigao gubitak težine proizvodi akutni negativni energetske balans, nosi ozbiljne zdravstvene rizike i na taj način može biti štetan za sportske performanse. Iako neki sportisti mogu održati fiziološke performanse nakon brzog gubitka težine, štetni efekti na psihološke funkcije i stanje raspoloženja su i dalje prisutni (Chang i sar., 2017). Stoga je bolje, za takmičenje se pripremiti ranije i održavati telesnu težinu idealnom ili blizu idealne konstantno. Ipak, ako je i potrebno izgubiti na težini, to treba ranije isplanirati, tako da sportista postepeno gubi na težini i izbegne neželjene efekte, koji se mogu ispoljiti pri naglom gubitku težine. Ovi efekti, udruženi sa negativnim efektima, koji se generalno dešavaju kod primene ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, mogu u velikoj meri ugroziti i zdravlje sportiste i njegove performanse. Osim, što je određenim sportistima ponekad bitno da izgube na kilaži, većini sportista je važno da imaju idealnu telesnu kompoziciju, odnosno da imaju veći procenat bezmasne telesne mase ili mišićne mase a manji procenat masne mase. Studija Garthe, I., i sar. (2011) potvrđuje ne samo da je za

performanse sportiste efikasnije postepeno gubljenje u odnosu na brzo gubljenje kilograma, već i da ovakav način prestrukturiranja telesne kompozicije može dovesti do većeg povećanja bezmasne telesne mase uz istovremeno smanjenje masne mase. U ovom istraživanju, grupa koja je sporo gubila na težini trebalo je nedeljno da izgubi 0,7% svoje težine, a grupa koja je brzo gubila na težini trebalo je da nedeljno izgubi 1,4% svoje težine, dakle duplo više. Osim, što su im merili promene u telesnoj kompoziciji, testirali su im i fizičke sposobnosti. Testovi su bili 1RM, 40m sprint, i vertikalni skok. Ukupan gubitak u težini i gubitak u masnoj masi smanjena je i kod grupe koja je sporo gubila kilograme i kod grupe koja je brzo gubila kilograme za $5,6\% \pm 0,8\%$ i $5,5\% \pm 0,7\%$ ($0,7\% \pm 0,8\%$ u odnosu na $1,0\% \pm 0,4\%$ / nedeljno) i $31\% \pm 3\%$ i $21 \pm 4\%$. Bezmasna telesna masa (LBM) se povećala kod grupe koja je sporo gubila na težini za $2,1\% \pm 0,4\%$ ($p < .001$), dok kod grupe koja je brzo gubila na težini ostala skoro nepromenjena ($-0,2\% \pm 0,7\%$), uz značajne razlike između grupa ($p < 0.01$). U zaključku, podaci iz ove studije pokazuju da sportisti koji žele da dobiju na LBM i povećaju svoj 1RM tokom perioda kada gube na kilaži u kombinaciji sa treningom snage treba da imaju za cilj nedeljni gubitak kilograma od 0,7%.

Neki istraživači su ispitivali uticaj ishrane sa niskim sadržajem ugljnih hidrata u kombinaciji sa treningom sa otporom na telesnu kompoziciju. Chang i sar. (2014) navode studiju na ženama sa prekomernom težinom i sugerišu da je LCHF dijeta u kombinaciji sa treningom sa otporom smanjila telesnu težinu i masnu masu dok je održala bezmasnu telesnu masu, sa druge strane trening sa otporom u kombinaciji sa klasičnom dijetom sa visokim unosom ugljenih hidrata povećao je bezmasnu telesnu masu, ali je masna masa ostala ista. U jednoj studiji je korišćena ishrana sa izuzetno visokim unosom proteina u kombinaciji sa treningom sa otporom. Cilj studije je bio da utvrdi kako će različita količina u unosu proteina u kombinaciji sa treningom sa otporom uticati na telesnu kompoziciju. Jedna grupa je unosila 2.3 g po kg (NP grupa – normal protein); dok je druga unosila čak 3.4 g po kg (HP grupa – high protein). Osim toga, HP grupa je unosila znatno više ($p < 0,05$) ukupnih kalorija i proteina u poređenju sa NP grupom. Nađena je statistički značajna razlika između grupa ($p \leq 0.05$) u promeni telesne težine ($+1.3 \pm 1.3$ kg NP, -0.1 ± 2.5 HP), masnoj masi (-0.3 ± 2.2 kg NP, -1.7 ± 2.3 HP), i u % telesnih masti ($-0,7 \pm 2,8$ NP, $-2,4 \pm 2,9$ HP). Grupa NP dodala je znatno više telesne težine nego HP grupa; međutim, HP grupa je ostvarila veće smanjenje masne mase i veće smanjenje % telesnih masti. Nađena je i statistički značajna razlika u bezmasnoj telesnoj masi (FFM) u odnosu na bazalne vrednosti; međutim, nije bilo statistički značajne razlike između grupa ($+1.5 \pm 1.8$ NP, $+1.5 \pm 2.2$ HP). Takođe, značajan napredak u odnosu na početne vrednosti ($p \leq 0,05$) je vidjen u obe grupe u odnosu na poboljšanja u maksimalnoj jačini (tj. 1-RM na čučnju i benč presu) vertikalnom skoku i zgibovima; međutim, nije bilo statistički značajne razlike između grupa ($p \geq 0,05$); (Antonio, J. i sar., 2015).

Određene studije su takođe poredile dijetu sa visokim i niskim sadržajem ugljnih hidrata i njihov uticaj na telesnu kompoziciju sportista. U studiji u kojoj su ispitanici normalne težine konzumirali ishranu za održavanje telesne težine, LCHF dijeta je dovela do značajnog povećanja bezmasne telesne mase, dok standardna ishrana nije promenila sastav tela (Volek i sar., 2002). Međutim, Chang i sar. (2017) takođe navode studiju u kojoj je primena hipokalorične LCHF

naspram HCLF ishrane tokom 3 nedelje dovela do sličnog smanjenja telesne težine i masne mase kod taekvondista.

5.6.5. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na performanse u sportovima izdržljivosti

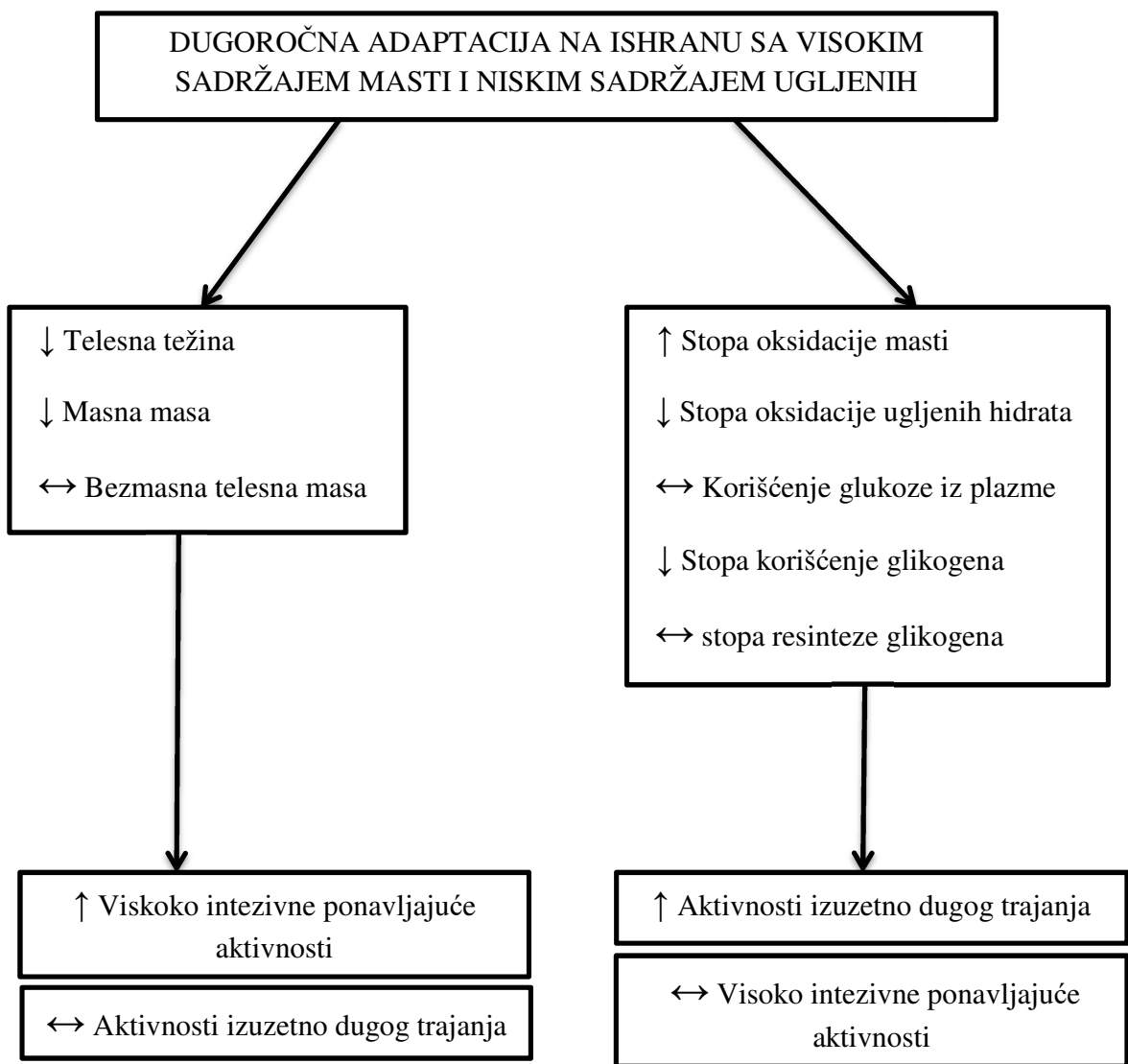
Poznato je da se maksimalna stopa oksidacije masti postiže pri umerenom intenzitetu vežbanja na 59-64% VO_{2max} kod osoba koje su trenirale sportske aktivnosti po tipu izdržljivost i 47-52% VO_{2max} u opštoj populaciji. Stopa oksidacije masti pada znatno kada je intenzitet vežbanja iznad ovog nivoa i skoro je nula na intenzitetu iznad 90% VO_{2max} . Povišenje nezasićenih masnih kiselina u serumu i masnih kiselina srednjeg i dugog lanca značajno povećava stopu oksidacije masti tokom vežbanja od 40 do 80% VO_{2max} . Što praktično znači da će se većim unosom masti kroz ishranu, omogućiti da organizam dominantnije koristi masti i pri većem VO_{2max} , odnosno ugljeni hidrati će se kasnije uključiti kao dominantan izvor energije kod eventualnog povećanja intenziteta opterećenja.

Sportski nutricionisti su se dugo zalagali za dijetu sa visokim sadržajem ugljenih hidrata za sportiste kako bi se obezbedilo dovoljno mišićnog glikogena tokom vežbanja. Zaključci da su HCLF dijetu efikasnije od LCHF dijeta u sportovima izdržljivosti, uglavnom su donošeni u istraživanjima koja su kratko trajala (manje od 2 nedelje). Zaista, kada sportisti nisu dugoročno adaptirani, na LCHF dijetu smanjen je sadržaj mišićnog glikogena što dovodi do hipoglikemije, smanjenja sposobnosti izdržljivosti i povećanja osećaja zamora. Ovi rezultati doveli su do trenutnih smernica za unos visokih količina ugljenih hidrata za sportiste. Međutim, performanse izdržljivosti, merene tokom produženog vežbanja kada je intenzitet bio konstantan održane su kod elitnih biciklista kada je mišićni glikogen obnovljen sa jednodnevnom dijetom sa visokim sadržajem ugljenih hidrata nakon 5-6 dana LCHF dijeta. Čak i takva kratkoročna upotreba LCHF dijeta rezultirala je znatno većom stopom oksidacije masti od 0,7 do 0,8 g/min i nižom stopom oksidacije ugljenih hidrata od 2 do 2,3 g/min tokom aktivnosti pri intenzitetu 70% VO_{2max} kod ovih visoko utreniranih sportista izdržljivosti, u poređenju sa onima koji su konzumirali HCLF dijetu tokom istraživanja. Dugoročna adaptacija na LCHF dijetu daje još veće metaboličke koristi, uključujući i još veću stopu oksidacije masti i niže stope glikogenolize i oksidacije ugljenih hidrata. Sportisti koji su se prilagodili na LCHF dijetu tokom 9-36 meseci mogu postići maksimalnu stopu oksidacije masti od oko 1,5 g/min na oko 70% VO_{2max} . Veliki padovi stope oksidacije ugljenih hidrata (od 15,1 do 5,1 mg/kg / min) i brzine iskorišćenja mišićnog glikogena (od 0,61 do 0,13 mmol/kg/min) bez uticaja na performanse izdržljivosti i bez ranije pojave zamora pri umerenom intenzitetu su pronađeni nakon konzumiranja LCHF ishrane tokom 4 nedelje kod dobro utreniranih biciklista (Chang i sar., 2017). Iznenadujuća je, nedavna studija koja je otkrila da su ultra-izdržljivi sportisti koji su konzumirali LCHF dijetu (<20% energije iz UH, > 60% iz masti) tokom najmanje 6 meseci postigli veći intenzitet vežbanja, podržan od strane oksidacije masti od sportista na HCLF dijeti (LCHF: 70,3±6,3; HCLF: 54,9±7,8%

VO₂mak). Ovi sportisti prilagođeni na visoku konzumaciju masti su takođe pokazali veću stopu oksidacije masti (LCHF: 1.54 ± 0.18 ; HCLF: 0.67 ± 0.14 g / min) i nižu stopu oksidacije ugljenih hidrata tokom produženog vežbanja pri 64% VO₂mak. Takođe su imali slične sadržaje mišićnog glikogena u mirovanju (približno 140 mol/g vlažnog tkiva) i nakon 3h rada na 65% VO₂mak (oko 50 mol/g vlažnog tkiva). Vredi napomenuti da je resinteza glikogen tokom 2h oporavaka bila relativno ista u obe grupe (LCHF: $44,8 \pm 7,5$; HCLF: $34,6 \pm 23,9$ mol/g vlažnog tkiva) uprkos činjenici da je LCHF grupa unosila samo 5% ugljenih hidrata, dok je HCLF grupa unosila 50% ugljenih hidrata tokom tog perioda. Ova studija pokazuje da sportisti izdržljivosti mogu održavati normalne vrednosti mišićnog glikogena, njegovo iskorišćavanje i resintezu posle dugoročne adaptacije na LCHF dijetu. Ove metaboličke adaptacije na LCHF dijetu mogu imati koristi na sposobnost izdržljivosti. Stoga se pretpostavlja da dugoročna LCHF ishrana može poboljšati performanse u ultra-izdržljivim sportskim aktivnostima, kao što su ultra-maraton i Ironman triathlon, tako što omogućava veću stopu oksidacije masti pri relativno većem intenzitetu rada i tako što omogućava ekonomično korišćenje glikogena. U ovakvim vrstama sportske aktivnosti sportisti koji su dugoročno adaptirani na LCHF dijetu, mogu prvenstveno na račun masti održavati relativno visok intenzitet rada tokom najvećeg dela distance, a zatim iskoristiti rezerve glikogena za poslednji deo distance, odnosno za sprint u finišu trke (Volek i sar., 2016).

5.6.6. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na performanse u visoko intenzivnim sportovima

Vežbanje na intenzitetu iznad 70% VO₂mak zahteva značajnu energiju iz anaerobnog metabolizma. U sportskim aktivnostima velikog intenziteta uglavnom se koristi energiju iz fosfatnog energetskeg sistema i glikolize. Prema tome, malo je verovatno da će povećana stopa oksidacije masti nakon adaptacije na LCHF dijetu povećati performanse u ovim sportskim aktivnostima. U mnogim sportskim igrama, kao što su fudbal, ragbi, košarka, hokej i sl. sposobnost da se izvede nekoliko uzastupnih sprinteva maksimalnog intenziteta posle kratkog perioda opravka je ključna za postizanje rezultata. Međutim, iako jedan kratkotrajni napor ili sprint uglavnom koristi anaerobni metabolizam, ponavljajući sprintevi značajno povećavaju angažovanje aerobnog metabolizma tokom kasnije faze vežbanja. Tokom ponavljajućih sprinteva 10x6 s , sa pauzama od 30 s, tokom prvog sprinta anaerobni metabolizam obezbeđuje gotovo celokupnu energetske potrošnju, dok u poslednjem sprintu obezbeđuje 60% energije. Sportisti sa većim aerobnim kapacitetom su više sposobni održavati visok intenzitet rada tokom kasnijih faza ponavljajućih sprinteva. Prema tome, povećana stopa oksidacije masti i ekonomično korišćenje mišićnog glikogena nakon dugoročne adaptacije na LCHF dijetu mogu biti od pomoći za održavanje i/ili poboljšanje performansi u kasnijim fazama visokointenzivnih sportova.



Slika 11. Potencijalni efekti dugoračne primene LCHF ishrane na performanse kod sportista (Modifikovano prema Chang i sar., 2017)

Takođe, vežbe snage koje podrazumevaju veliki broj ponavljanja, kao što su zgibovi ili sklekovi se često koriste u proceni performansi sportista, a one proveravaju i nivo snage ali i nivo izdržljivosti u snazi i zavise od telesne kompozicije i mase tela. Takođe, maksimalni vertikalni skok takođe zavisi i od telesne težine i od telesne kompozicije. Istraživanje na elitnim gimnastičarkama, je pokazalo da su one sposobne da izvode isti broj ponavljanja u sklekovima, zgibovima na vratilu i propadanjima na razboju i nakon 30 dana od početka primene LCHF dijeta (Cheng i sar., 2017).

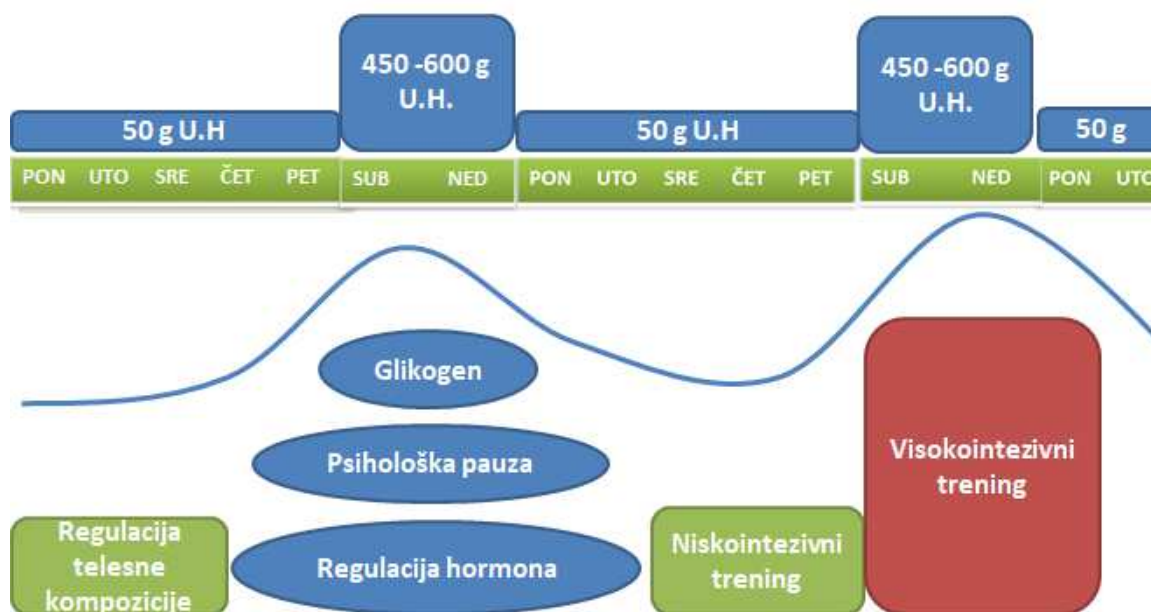
Međutim, neke studije pokazuju da LCHF dijeta može i nepovoljno uticati na telesnu kompoziciju i performanse sportista. Na primer u jednoj studiji primena LCHF ishrane sa energetske deficitom od 25% u trajanju od 3 nedelje rezultirala je gubicima u bezmasnoj

telesnoj masi (LBM) i smanjenju anaerobnim performansama merenih Vingejtovim testom kod tekvondista. Takođe, Zajac i sar. (2014) su našli da je maksimalna izlazna snaga značajno smanjena nakon konzumiranja LCHF dijeta tokom 4 nedelje kod dobro utreniranih terenskih biciklista. Međutim, LCHF dijeta je sa druge strane rezultirala snižavanjem telesne mase i telesnih masti, i povećanjem $\dot{V}O_{2max}$ i $\dot{V}O_2$ na laktatnim pragovima. (Cheng i sar., 2017). Potencijalni efekti dugoročne primene LCHF dijeta na performanse u sportovima izdržljivosti i visokointenzivnim sportovima su prikazane na slici 11.

5.6.7. Ciklična ketogena dijeta i superkompezacija ugljenim hidratima

Najefikasnija varijanta ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata za sportiste koji se takmiče u visokointenzivnim sportovima i sportovima snage je tzv. ciklička ketogena dijeta. Ona se ostavlja kroz nedjeljni ciklus tokom kojeg se sportista pridržava ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (10-20% dnevnog unosa energije) tokom 4 do 5 dana, a zatim povećava dnevni unos ugljenih hidrata na 60-70% ukupnog energetskeg unosa u preostalih 2-3 dana ciklusa. Ovakav način ishrane omogućava gubljenje masti uz održavanje sposobnosti za izvođenje vežbi visokog intenziteta. Tokom dana kada je unos ugljenih hidrata nizak, organizam sportiste se oslanja na oksidaciju masti, a značajno povećanje unosa ugljenih hidrata u preostalim danima ciklusa omogućava popunjavanje skladišta glikogena. Prema tome ovaj metod je ustvari veoma sličan metodama koje su nastale na Skandinaviji 1960-tih, a koje imaju za cilj da izvrše superkompezaciju glikogena, što je veoma značajno i u visokointenzivnim sportovima i u sportovima izdržljivosti. Međutim, ovakav način ishrane bilo bi najbolje sprovoditi u pripremnim periodima, kada je obim treninga visok, a intenzitet nizak, kako bi se u potpunosti iskoristio metabolizam masti (Zydek, G. i sar., 2002).

Superkompezacija glikogena je važna jer, konzumiranje ishrane sa visokim sadržajem ugljenih hidrata nekoliko dana pre takmičenja povećava respiratorni količnik, omogućava veći intenzitet rada i produžava trajanje aktivnosti, odnosno odlaže zamor. Ova metoda je korisna u sportovima koji traju duže od 90 min. U praksi veliki broj sportova, npr. biciklizam, triatlon ili dugotrajno trčanje, zahtevaju superkompezaciju glikogena. Međutim, sportovi kao što su timske igre, atletika, plivanje, borilačke veštine, tenis, badminton, gimnastika i podizanje tegova podrazumevaju fizičku aktivnost velikog intenziteta, tokom kojih su ugljeni hidrati dominantni izvor energije za radne mišiće, tako da i u ovim sportovima ova metoda može biti izuzetno efikasna (Zydek, G. i sar., 2002). Osim toga kada se nakon ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, napravi pauza na ovakav način, bilo kod osoba koje imaju za cilj samo da smršaju, bilo kod sportista ostvaruje se trojaka uloga a to je: psihološka pauza, superkompezacija glikogena i regulacija hormona (https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclic_ketogenic_diet).



Slika 12. Ciklična ketogena dijeta (superkompezzacija glikogena)

Zydek, G. i sar. (2002) navode pozitivne i negativne efekte visokog unosa ugljenih hidrata kod sportista:

Pozitivni efekti su:

1. Produžava trajanje dugotrajnih sportski aktivnosti i odlaže zamor
2. Povećavanje oksidacije glukoze tokom sportskih aktivnosti visokog inteziteta
3. Povećava se respiratorni količnih
4. Ostavruje se superkompezzacija glikogena

Negativni efekti su:

1. Akumulacija telesnih masti zbog dejstva insulina
2. Akumulacija vode u organizmu
3. Manja koncentracija hormona rasta
4. Poremećen odnos serumskih lipoproteina
5. Povećan unos prostih ugljenih hidrata povećava vrednosti glukoze u krvi iznad referentnih vrednosti
6. Povećava se apetit

Važno je napomenuti, da kada se koristi ovakav način ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, njihov unos tokom prvog dela ciklusa trebao da bude ispod 50g dnevno, dok bi tokom faze“ punjenja“ trebalo da bude od 450 do 600g dnevno. Ciklična ketogena dijeta je prikazana na slici 12.

5.6.8. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na centralni zamor

Pored toga što dižete sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata izazivaju metaboličke promene organizma, one mogu značajno uticati i na centralni nervni sistem. Promene u korišćenju metaboličkih goriva nakon adaptacije na LCHF dijetu mogu kod sportista uticati na utilizaciju cerebralnih aminokiselina, energetske metabolizam i neurotransmisiju nervnog sistema. Povećana stopa oksidacije masti tokom aktivnosti nakon adaptacije na LCHF dijetu verovatno će povećati utilizaciju slobodnog triptofana u mozgu. Ovo je posledica povećanje kompeticije za vezivanje albumina između triptofana i slobodnih masnih kiselina. Slobodni triptofan je prekursor serotonina (5-hidroksitriptamin), neurotransmitera u mozgu povezanog sa osećajem letargije i umora koji može smanjiti motivaciju i efikasnost rada centralnog nervnog sistema. Visok sadržaj proteina u LCHF dijetama dovodi i do povećane proizvodnje amonijaka tokom vežbanja. Amonijak je još jedan faktor koji može dovesti do promene metabolizma i neurotransmisije u centralnom nervnom sistemu i posledično dovesti do centralnog zamora. Ispitanici prilagođeni na LCHF dijetu pokazivali su veće koncentracije slobodnih masnih kiselina i amonijaka u plazmi, a to su dva sredstva koja doprinose centralnom zamoru tokom vežbanja različitim intenzitetima. Pilot studija sa neutreniranim odraslim osobama koje su primenjivale hipokaloričnu LCHF ishranu u trajanju od 2 sedmice je pokazala da je povećana koncentracija krvi u ketonima povezana sa osećanjem zamora i da dovodi do poremećaja raspoloženja tokom vežbanja submaksimalnog intenziteta. Međutim, trenutno još uvek nema dovoljno istraživanja o mogućim efektima primene LCHF dižete na centralni zamor sportista, nakon dugoročne adaptacije na ovakav režim ishrane (Cheng i sar., 2017).

5.6.9. Uticaji ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na perceptualne, kognitivne i motorne funkcije

Perceptualno – motorne sposobnosti su sposobnosti efikasne anticipacije protivnikovih pokreta, kao i planova i strategija. Po nekim autorima ovo su sposobnosti koje odvajaju majstore sporta od prosečnih sportista. Primena LCHF dižete tokom 1-2 godine u nekim studijama je dovela do poboljšanja određenih kognitivnih funkcija i stanja raspoloženja kod osoba s viškom telesne težine srednjih godina, u poređenju sa HCLF dijetama. Međutim, ove studije koristile su jednostavne kognitivne testove koji nisu povezani sa atletskim performansama. Iako postoje dokazi da centralni zamor može doprineti smanjenju perceptuelno-motoričkih performansi tokom iscrpljujućeg vežbanja, još uvek je nepoznato da li dugoročna primena LCHF dijeta kod sportista povećava centralni zamor i posledično smanjuje perceptualno-motorne performanse (Cheng i sar., 2017).

5.6.10. Pozitivni i negativni efekti ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata kod sportista

Zydek, G. (2014) takođe, sumira pozitivne i negativne efekte, ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, koji su specifični za sportiste.

Pozitivni efekti su:

1. poboljšana oksidacija masti tokom dugotrajnog fizičkog vežbanja
2. povećani nivoi testosterona, hormona rasta (GH) i insulina sličnom hormonu rasta 1 (IGF-1), ali niža koncentracija insulina;
3. smanjenje ili održavanje telesne mase i telesnih masti i promena telesne kompozicije u visokointezivnim sportovima i sportovima snage

Negativni efekti su:

1. različita dužina adaptacije organizma sa standardne ishrane na ishranu sa niskim sadržajem ugljenih hidrata (7-20 dana)
2. poremećaj u proporciji serumskih lipoproteina
3. povećanje nivoa holesterola u krvi
4. mogući nastanak ketoacidoze
5. mogući deficit vitamina i minerala

5.6.11. Zaključci o uticajima ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata na performanse u sportu

Na osnovu dosadašnjih istraživanja o uticajima ishrane sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata na performanse u sportu možemo izvesti sledeće zaključke:

1. Ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata je preporučljiva za sportske aktivnosti čiji intezitet ne prelazi 65-75 VO₂mak. U aktivnostima većeg inteziteta, naročito u sportskim aktivnostima čiji intezitet prelazi 80% VO₂mak potreba za unosom ugljenih hidrata je daleko veća. Međutim, i u ovim aktivnostima može se primenjivati dijeta sa redukovanim unosom ugljenih hidrata u cilju gubitka kilograma, smanjenju masne mase, odnosno u cilju regulacije telesne kompozicije. Osim toga u ovim aktivnostima se može primeniti i ciklična ketogena dijeta, koja je ustvari jedan vid superkompezacije glikogena, tako da se tokom nje može vršiti i regulacija telesne kompozicije i treniranje na visokom intezitetu.
2. Ishrana sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata omogućava smanjenje masne mase i održavanje bezmasne telesne mase odnosno mišićne mase, ili čak njeno povećanje, što može biti izuzetno korisno u sportovima koji se klasifikuju u kategorije po telesnoj težini, ali uspostavljanje optimalne telesne kompozicije je svakako korisno i u svim ostalim sportskim aktivnostima.
3. Ishrana sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata posebno može biti korisna u sportskim aktivnostima izuzetno dugog trajanja, kao što su ultramaraton i triatlon, ali takođe može biti korisna i u visokointenzivnim sportskim aktivnostima, kao što su sportske igre i aktivnosti gde postoje ponavljajući sprintevi, jer odlaže zamor i omogućava veći intezitet rada tokom završnih stadijuma aktivnosti.
4. Potrebna su dodatna istraživanja, kako bi se utvrdio uticaj ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, na perceptualno – motorne i kognitivne performanse.

6. ZAKLJUČAK

Ishrana sa redukovanim unosom ugljenih hidrata danas predstavlja popularan vid ishrane koji se koristi u regulaciji telesne težine i tretmanu bolesti koje su povezane sa gojaznošću. Takođe, ovaj vid ishrane našao je široku primenu i u prostoru sporta.

Efekti ovakvog načina ishrane su izazvali dosta kontraverzi i polemika, kako u opštoj tako i u stručnoj javnosti. Iz tog razloga je većina studija poredila efekte ishrane sa redukovanim unosom ugljenih hidrata sa efektima ishrane gde je sadržaj ugljenih hidrata bio visok.

Autori, koji zagovaraju ovakav način ishrane navode brojne mehanizme na osnovu kojih ona ostavlja metaboličku prednost nezavisnu od kalorijskog unosa u poređenju sa standardnim tipovima ishrane. Ti metabolički efekti su: manja energetska efikasnost glukoneogeneze, smanjenje apetita posredstvom ketonskih tela, povećanje metabolizama proteina, termogeneze, slobodnih masnih kiselina i njihove oksidacije, diureza, lipoliza.

Istraživanja kod zdravih ispitanika koji su primenjivali dijetu sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata pokazuju povećanju stopu oksidacije masti, snižene vrednosti insulina i glukoze i veći inicijalni gubitak kilograma, u poređenju sa ispitanicima koju su primenjivali ishranu sa visokim unosom ugljenih hidrata.

Slični su rezultati i kod gojaznih, što je kod njih prisutan veći inicijalni gubitak u težini tokom početnih faza primene dijetе, međutim rezultati u gubitku kilograma nakon godinu dana sa ne razlikuju stistički značajno u odnosu na ispitanike koji su primenjivali ishranu sa visokim sadržajem ugljenih hidrata. Određene studije su pokazale da dijetе sa redukovanim unosom ugljenih hidrata dovode do bolje telesne kompozicije, te očuvanja ili čak povećanja bezmasne telesne mase, u poređenju sa ispitanicima koji su bila na ishrani sa visokim sadržajem ugljenih hidrata. Međutim, neke druge studije su pokazale lošiju telesnu kompoziciju i značajan gubitak i u bezmasnoj telensoj masi tokom dijetе sa niskim sadržajem ugljenih hidrata. Takođe, određenje studije su našle, da je prilikom ishrane sa visokim unosom ugljenih hidrata manji ukupni gubitak u težini u poređenju sa dijetama sa niskim sadržajem ugljenih hidrata, ali da je značajno veći gubitak u masnoj masi, koji bi trebalo da se ispolji i nakon šest meseci. Ove studije navode da se tokom ishrane sa redukovanim unosom ugljenih hidrata težina gubi na račun gubitka vode iz organizma i velikim gubitkom mišićne mase, na šta je indikovao negativni balans azota. Takođe, su kod ishrane sa redukovanim unosom ugljenih hidrata nađeni određeni neželjeni efekti kojih nema na ishrani sa visokim unosom ugljenih hidrata. Međutim, bez obzira na to ne mogu se zanemariti studije, koje pokazuju značajne inicijalne efekte u gubitku težine, a koje su se odvijale bez neželjenih efekata. Prema tome, ishranu sa redukovanim unosom ugljenih hidrata korisno je primeniti za ostavljanje inicijalnih rezultata u gubitku kilograma, dok je tokom dužeg perioda opravdanije primeniti standardnu ishranu za regulaciju telesne težine. Takođe, svaki vid ishrane je potrebno individualno odrediti u skladu sa potrebama i ciljevima individue, tako da ona bude efikasna a da ne dovede do neželjenih efekata.

Rezultati, ovakvog načina ishrane su se pokazali efikasnim kod dijabetesa, insulinske rezistencije, hiperinsulinemije i metaboličkog sindroma, tokom inicijalnih faza, ali dugoročno

efekti ovakvog načina ishrane nisu značajno veći od standardnih načina ishrane. Takođe, lečenje ovih stanja je zabeleženo i kada se koristila ishrana sa izuzetno visokim unosom ugljenih hidrata, tako da ne možemo generalizovati hipotezu da su ugljeni hidrati glavni uzročnici ovih stanja.

Određene studije su pokazale pozitivne efekte ovakvog načina ishrane na lipoproteinski profil seruma i kardiovaskularna stanja, međutim studije u kojima je nađeno značajno povećanje LDL holesterola indikuju da ovakav način ishrane može imati i negativne efekte na kardiovaskularni sistem.

Generalno, negativni efekti koji se mogu ispoljiti kod ovakvog načina ishrane su hiperlipidemija, metabolička acidoza, ketoacidoza, disbalans elektrolita, deficit određenih vitamina i minerala, gastrointestinalni simptomi, pojava nefrolitijaze, kamena u bubregu, povećanje reapsorpcije minerala iz kostiju i sl. Ove efekte je potrebno kontrolisati i pravovremeno otkloniti.

Ishrana sa niskim sadržajem ugljenih hidrata je preporučljiva za sportske aktivnosti čiji intenzitet ne prelazi 65-75 VO_2mak . U aktivnostima većeg intenziteta, naročito u sportskim aktivnostima čiji intenzitet prelazi 80% VO_2mak potreba za unosom ugljenih hidrata je daleko veća. Međutim i u ovim aktivnostima može se primenjivati dijeta sa redukovanim unosom ugljenih hidrata u cilju gubitka kilograma, smanjenju masne mase, odnosno u cilju regulacije telesne kompozicije. Osim toga u ovim aktivnostima se može primeniti i ciklična ketogena dijeta, koja je ustvari jedan vid superkompezacije glikogena, tako da se tokom nje može vršiti i regulacija telesne kompozicije i treniranje na visokom intenzitetu.

Zatim, omogućava smanjenje masne mase i održavanje bezmasne telesne mase odnosno mišićne mase, ili čak njeno povećanje, što može biti izuzetno korisno u sportovima koji se klasifikuju u kategorije po telesnoj težini, ali uspostavljanje optimalne telesne kompozicije je svakako korisno i u svim ostalim sportskim aktivnostima.

Takođe, ishrana sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata posebno može biti korisna u sportskim aktivnostima izuzetno dugog trajanja, kao što su ultramaraton i triatlon, ali takođe može biti korisna i u visokointenzivnim sportskim aktivnostima, kao što su sportske igre i aktivnosti gde postoje ponavljajući sprintevi, jer odlaže zamor i omogućava veći intenzitet rada tokom završnih stadijuma aktivnosti.

Njen uticaj na perceptualno – motorne i kognitivne performanse zahteva dodatna istraživanja.

Prilikom programiranja ishrane sa niskim sadržajem ugljenih hidrata izuzetno je važan izbor namirnica. Prednost se daje nezasićenim masnim kiselinama u odnosu na zasićenje, kao i integralnijim ugljenim hidratima sa većim glikemijskim indeksom u odnosu na rafinisane.

Ishrana sa značajno redukovanim unosom ugljenih hidrata može biti korisna u ostvarivanju različitih ciljeva, međutim potrebno ju je pravilno isprogramirati u skladu sa ciljem osobe i njenim individualnim karakteristikama i redovno kontrolisati njene, kako pozitivne tako i negativne efekte.

7. LITERATURA

1. Accurso, A., Bernstein, R. K., Dahlqvist, A., Draznin, B., Feinman, R. D., Fine, E. J., ... & Manninen, A. H. (2008). Dietary carbohydrate restriction in type 2 diabetes mellitus and metabolic syndrome: time for a critical appraisal. *Nutrition & metabolism*, 5(1), 9.
2. Allick, G., Bisschop, P. H., Ackermans, M. T., Endert, E., Meijer, A. J., Kuipers, F., ... & Romijn, J. A. (2004). A low-carbohydrate/high-fat diet improves glucoregulation in type 2 diabetes mellitus by reducing postabsorptive glycogenolysis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(12), 6193-6197.
3. Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Orris, S., Scheiner, M., Gonzalez, A., & Peacock, C. A. (2015). A high protein diet (3.4 g/kg/d) combined with a heavy resistance training program improves body composition in healthy trained men and women—a follow-up investigation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1), 39.
4. Arase, K. O. I. C. H. I., Fisler, J. S., Shargill, N. S., York, D. A., & Bray, G. A. (1988). Intracerebroventricular infusions of 3-OHB and insulin in a rat model of dietary obesity. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 255(6), R974-R981.
5. Arora, S. K., & McFarlane, S. I. (2005). The case for low carbohydrate diets in diabetes management. *Nutrition & metabolism*, 2(1), 16.
6. Astrup, A., Larsen, T. M., & Harper, A. (2004). Atkins and other low-carbohydrate diets: hoax or an effective tool for weight loss?. *The Lancet*, 364(9437), 897-899.
7. Barnard, N. D., Cohen, J., Jenkins, D. J., Turner-McGrievy, G., Gloede, L., Green, A., & Ferdowsian, H. (2009). A low-fat vegan diet and a conventional diabetes diet in the treatment of type 2 diabetes: a randomized, controlled, 74-wk clinical trial—. *The American journal of clinical nutrition*, 89(5), 1588S-1596S.
8. Bergqvist, A. C. (2012). Long-term monitoring of the ketogenic diet: Do's and Don'ts. *Epilepsy research*, 100(3), 261-266.
9. Bisschop, P. H., Arias, A. P., Ackermans, M. T., Endert, E., Pijl, H., Kuipers, F., ... & Romijn, J. A. (2000). The effects of carbohydrate variation in isocaloric diets on glycogenolysis and gluconeogenesis in healthy men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 85(5), 1963-1967.
10. Boden, G., Sargrad, K., Homko, C., Mozzoli, M., & Stein, T. P. (2005). Effect of a low-carbohydrate diet on appetite, blood glucose levels, and insulin resistance in obese patients with type 2 diabetes. *Annals of internal medicine*, 142(6), 403-411.
11. Bravata, D. M., Sanders, L., Huang, J., Krumholz, H. M., Olkin, I., Gardner, C. D., & Bravata, D. M. (2003). Efficacy and safety of low-carbohydrate diets: a systematic review. *Jama*, 289(14), 1837-1850.
12. Brink S, Laffel L, Likitmaskul S, et al.; International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes. ISPAD clinical practice consensus guidelines 2009 compendium: Sick day

- management in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes* 2009;10(suppl 12):146-153.
13. Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of sports sciences*, 29(sup1), S17-S27.
 14. Chang, C. K., Borer, K., & Lin, P. J. (2017). Low-carbohydrate-high-fat diet: Can it help exercise performance?. *Journal of human kinetics*, 56(1), 81-92.
 15. Czyżewska-Majchrzak, L., Grzelak, T., Kramkowska, M., Czyżewska, K., & Witmanowski, H. (2014). The use of low-carbohydrate diet in type 2 diabetes-benefits and risks. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 21(2).
 16. de Koning, L., Fung, T. T., Liao, X., Chiuve, S. E., Rimm, E. B., Willett, W. C., ... & Hu, F. B. (2011). Low-carbohydrate diet scores and risk of type 2 diabetes in men-. *The American journal of clinical nutrition*, 93(4), 844-850.
 17. Denke, M. A. (2001). Metabolic effects of high-protein, low-carbohydrate diets. *American Journal of Cardiology*, 88(1), 59-61.
 18. Dyson, P. (2015). Low carbohydrate diets and type 2 diabetes: what is the latest evidence?. *Diabetes Therapy*, 6(4), 411-424.
 19. Đorđević-Nikić, M. (2002). *Ishrana sportista*. M. Đorđević-Nikić.
 20. Erlanson-Albertsson, C., & Mei, J. (2005). The effect of low carbohydrate on energy metabolism. *International Journal of Obesity*, 29(S2), S26.
 21. Foster, G. D., Wadden, T. A., Peterson, F. J., Letizia, K. A., Bartlett, S. J., & Conill, A. M. (1992). A controlled comparison of three very-low-calorie diets: effects on weight, body composition, and symptoms. *The American journal of clinical nutrition*, 55(4), 811-817.
 22. Foster, G. D., Wyatt, H. R., Hill, J. O., McGuckin, B. G., Brill, C., Mohammed, B. S., ... & Klein, S. (2003). A randomized trial of a low-carbohydrate diet for obesity. *New England Journal of Medicine*, 348(21), 2082-2090.
 23. Gardiner S, Gilman SL (2008). Gilman SL, ed. *Atkins, Robert, MD (1930-2003). Diets and Dieting: A Cultural Encyclopedia*. Routledge. p. 12
 24. Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E., Koivisto, A., & Sundgot-Borgen, J. (2011). Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 21(2), 97-104.
 25. Greene, P., Willett, W., Devecis, J., & Skaf, A. (2003, September). Pilot 12-week feeding weight-loss comparison: low-fat vs low-carbohydrate (Ketogenic) diets. In *Obesity Research* (Vol. 11, pp. A23-A23). 8630 FENTON ST, SUITE 918, SILVER SPRING, MD 20910 USA: NORTH AMER ASSOC STUDY OBESITY.
 26. Hall, S. E., Wastney, M. E., Bolton, T. M., Braaten, J. T., & Berman, M. (1984). Ketone body kinetics in humans: the effects of insulin-dependent diabetes, obesity, and starvation. *Journal of lipid research*, 25(11), 1184-1194.

27. Hall, K. D., Bemis, T., Brychta, R., Chen, K. Y., Courville, A., Crayner, E. J., ... & Miller III, B. V. (2015). Calorie for calorie, dietary fat restriction results in more body fat loss than carbohydrate restriction in people with obesity. *Cell metabolism*, 22(3), 427-436.
28. Harber, M. P., Schenk, S., Barkan, A. L., & Horowitz, J. F. (2005). Alterations in carbohydrate metabolism in response to short-term dietary carbohydrate restriction. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 289(2), E306-E312.
29. Hildes JA, Schaefer O. The changing picture of neoplastic disease in the western and central Canadian Arctic (1950–1980). *Can Med Assoc J* 1984;130:25–32.
30. <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
31. https://en.wikipedia.org/wiki/Ketogenic_diet
32. https://en.wikipedia.org/wiki/No-carbohydrate_diet
33. https://en.wikipedia.org/wiki/Paleolithic_diet
34. Hu, T., & Bazzano, L. A. (2014). The low-carbohydrate diet and cardiovascular risk factors: evidence from epidemiologic studies. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 24(4), 337-343.
35. Ilić, N. (2010). Fiziologija fizičke aktivnosti. Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja. Beograd.
36. Iqbal, N., Vetter, M. L., Moore, R. H., Chittams, J. L., Dalton-Bakes, C. V., Dowd, M., ... & Wadden, T. A. (2010). Effects of a low-intensity intervention that prescribed a low-carbohydrate vs. a low-fat diet in obese, diabetic participants. *Obesity*, 18(9), 1733-1738.
37. Jeukendrup, A. (2013). The new carbohydrate intake recommendations. In *Nutritional Coaching Strategy to Modulate Training Efficiency* (Vol. 75, pp. 63-71). Karger Publishers.
38. Johnston, C. S., Day, C. S., & Swan, P. D. (2002). Postprandial thermogenesis is increased 100% on a high-protein, low-fat diet versus a high-carbohydrate, low-fat diet in healthy, young women. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(1), 55-61.
39. Johnston, C. S., Tjonn, S. L., Swan, P. D., White, A., Hutchins, H., & Sears, B. (2006). Ketogenic low-carbohydrate diets have no metabolic advantage over nonketogenic low-carbohydrate diets-. *The American journal of clinical nutrition*, 83(5), 1055-1061.
40. Katz DL (2003). "Pandemic obesity and the contagion of nutritional nonsense". *Public Health Rev.* 31 (1): 33–44
41. Kauffman, J. M. (2004). Bias in recent papers on diets and drugs in peer-reviewed medical journals. *Journal of American Physicians and Surgeons*, 9(1), 11.
42. Kosinski, C., & Jornayvaz, F. R. (2017). Effects of ketogenic diets on cardiovascular risk factors: evidence from animal and human studies. *Nutrients*, 9(5), 517.
43. Krieger, J. W., Sitren, H. S., Daniels, M. J., & Langkamp-Henken, B. (2006). Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: a meta-regression-. *The American journal of clinical nutrition*, 83(2), 260-274.

44. Larosa JC, Fry AG, Muesing R, Rosing DR. Effects of high-protein, low-carbohydrate dieting on plasma lipoproteins and body weight. *Jam Diet Assoc* 1980;77:264 –70.
45. Manninen, A. H. (2004). Is a calorie really a calorie? Metabolic advantage of low-carbohydrate diets. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1(2), 21
46. Mary K. Campbell, Shawn O. Farrell (2006). *Biochemistry* (5th изд.). Cengage Learning. стр. 579.
47. McClernon, F. J., Yancy Jr, W. S., Eberstein, J. A., Atkins, R. C., & Westman, E. C. (2007). The effects of a low-carbohydrate ketogenic diet and a low-fat diet on mood, hunger, and other self-reported symptoms. *Obesity*, 15(1), 182-182.
48. Mitchell, G. A., Kassovska-Bratinova, S., Boukaftane, Y., Robert, M. F., Wang, S. P., Ashmarina, L., ... & Potier, E. (1995). Medical aspects of ketone body metabolism. *Clinical and investigative medicine. Medecine clinique et experimentale*, 18(3), 193-216.
49. Nickols-Richardson, S. M., Coleman, M. D., Volpe, J. J., & Hosig, K. W. (2005). Perceived hunger is lower and weight loss is greater in overweight premenopausal women consuming a low-carbohydrate/high-protein vs high-carbohydrate/low-fat diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 105(9), 1433-1437.
50. Noakes TD. *Lore of running*. 4th edn. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 2003.
51. Noakes, M., Foster, P. R., Keogh, J. B., James, A. P., Mamo, J. C., & Clifton, P. M. (2006). Comparison of isocaloric very low carbohydrate/high saturated fat and high carbohydrate/low saturated fat diets on body composition and cardiovascular risk. *Nutrition & metabolism*, 3(1), 7.
52. Nordmann, A. J., Nordmann, A., Briel, M., Keller, U., Yancy, W. S., Brehm, B. J., & Bucher, H. C. (2006). Effects of low-carbohydrate vs low-fat diets on weight loss and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Archives of internal medicine*, 166(3), 285-293.
53. Eaton, S.B., Konner M. (1985). A consideration of its nature and current implications. *New England Journal of Medicine*, 312(5), 283-9.
54. Nuttall, F. Q. (1988). The high-carbohydrate diet in diabetes management. *Advances in internal medicine*, 33, 165-183.
55. Phinney, S. D., Bistrian, B. R., Evans, W. J., Gervino, E., & Blackburn, G. L. (1983). The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation. *Metabolism*, 32(8), 769-776
56. Rader, D. J., Edman, J. S., & Klein, S. (2003) A randomized trial of a low-carbohydrate diet for obesity. *N Engl.*
57. Rosenfalck, A. M., Almdal, T., Viggers, L., Madsbad, S., & Hilsted, J. (2006). A low-fat diet improves peripheral insulin sensitivity in patients with Type 1 diabetes. *Diabetic medicine*, 23(4), 384-392.

58. Samaha, F. F., Iqbal, N., Seshadri, P., Chicano, K. L., Daily, D. A., McGrory, J., ... & Stern, L. (2003). A low-carbohydrate as compared with a low-fat diet in severe obesity. *New England Journal of Medicine*, 348(21), 2074-2081.
59. Samuel, Henry (1 June 2011). "The four stages of the Dukan diet". *The Telegraph*. Retrieved 14 February 2011.
60. Silverstone, J. T., Stark, J., & Buckle, R. (1966). Hunger during total starvation. *Lancet*, 1, 1343-1344.
61. Stern, L., Iqbal, N., Seshadri, P., Chicano, K. L., Daily, D. A., McGrory, J., ... & Samaha, F. F. (2004). The effects of low-carbohydrate versus conventional weight loss diets in severely obese adults: one-year follow-up of a randomized trial. *Annals of internal medicine*, 140(10), 778-785.
62. Sumithran, P., & Proietto, J. (2008). Ketogenic diets for weight loss: a review of their principles, safety and efficacy. *Obesity Research & Clinical Practice*, 2(1), 1-13.
63. Sumithran, P., & Proietto, J. (2008). Ketogenic diets for weight loss: a review of their principles, safety and efficacy. *Obesity Research & Clinical Practice*, 2(1), 1-13.
64. Trends in intake of energy and macronutrients—United States, 1971– 2000. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2004;53:80 –2.
65. Veech, R. L. (2004). The therapeutic implications of ketone bodies: the effects of ketone bodies in pathological conditions: ketosis, ketogenic diet, redox states, insulin resistance, and mitochondrial metabolism. *Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids*, 70(3), 309-319.
66. Volek, J. S., & Feinman, R. D. (2005). Carbohydrate restriction improves the features of Metabolic Syndrome. *Metabolic Syndrome may be defined by the response to carbohydrate restriction. Nutrition & metabolism*, 2(1), 31.
67. Volek, J. S., & Sharman, M. J. (2004). Cardiovascular and hormonal aspects of very-low-carbohydrate ketogenic diets. *Obesity research*, 12(S11), 115S-123S.
68. Volek, J. S., Freidenreich, D. J., Saenz, C., Kunces, L. J., Creighton, B. C., Bartley, J. M., ... & Lee, E. C. (2016). Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners. *Metabolism*, 65(3), 100-110.
69. Volek, J. S., Noakes, T., & Phinney, S. D. (2015). Rethinking fat as a fuel for endurance exercise. *European journal of sport science*, 15(1), 13-20.
70. Volek, J. S., Sharman, M. J., Gómez, A. L., Judelson, D. A., Rubin, M. R., Watson, G., ... & Kraemer, W. J. (2004). Comparison of energy-restricted very low-carbohydrate and low-fat diets on weight loss and body composition in overweight men and women. *Nutrition & metabolism*, 1(1), 13.
71. Volek, J. S., Sharman, M. J., Love, D. M., Avery, N. G., Scheett, T. P., & Kraemer, W. J. (2002). Body composition and hormonal responses to a carbohydrate-restricted diet. *Metabolism-Clinical and Experimental*, 51(7), 864-870.
72. Walsh, Field. "Sanctuary by Healthcare Express Presents Ideal Protein Weight Loss". *TXK Today*.

73. Westman, E. C., Mavropoulos, J., Yancy, W. S., & Volek, J. S. (2003). A review of low-carbohydrate ketogenic diets. *Current atherosclerosis reports*, 5(6), 476-483.
74. Westman, E. C., Feinman, R. D., Mavropoulos, J. C., Vernon, M. C., Volek, J. S., Wortman, J. A., ... & Phinney, S. D. (2007). Low-carbohydrate nutrition and metabolism—. *The American journal of clinical nutrition*, 86(2), 276-284..
75. Young, C. M., Scanlan, S. S., Im, H. S., & Lutwak, L. (1971). Effect on body composition and other parameters in obese young men of carbohydrate level of reduction diet. *The American journal of clinical nutrition*, 24(3), 290-296.
76. Zydek, G., Michalczyk, M., Zajac, A., & Latosik, E. (2014). Low-or high-carbohydrate diet for athletes?. *Trends in Sport Sciences*, 21(4).