Ketogena dijeta kod sportaša

Režek, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:552903

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme

i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Petra Režek

KETOGENA DIJETA KOD SPORTAŠA

(diplomski rad)

Mentor:

prof.dr. sc. Marjeta Mišigoj-Duraković

Zagreb, rujan 2016.

Ketogena dijeta kod sportaša

Sažetak

Prehrana sportaša čini jednu od glavnih sastavnica koje se povezuju sa uspjehom sportaša, njegovim sposobnostima i izvedbom u određenom sportu. U radu je opisana važnost prehrane u sportu. Također, spominje se utjecaj ketogene dijete na zdravlje opće populacije. Glavni cilj ovog diplomskog rada je istražiti pojavu ketogene dijete, odnosno nisko ugljikohidratne prehrane kod sportaša. Poseban naglasak stavljen je na sportove u kojima veliku ulogu ima izdržljivost ali su opisani primjeri utjecaja i na ostale sportove. U radu se obrađuju mnoga istraživanja i radovi temeljeni na ovom slučaju kako bi se što detaljnije mogao prikazati spoj sporta i drugačijeg načina prehrane.

Ključne riječi: nisko ugljikohidratna dijeta, ugljikohidrati, masti, sportska izvedba, izdržljivost

Ketogenic diet in sport

Summary

Success of an athlete, including his or her abilities and performance in a specific sport, are often connected to sport diet. This research describes the importance of nutrition in sport. Also, it describes the effects of ketogenic diet on health. The main objective was to see into development of ketogenic diet, or a low carbohydrate diet in athletes, and to describe how it affects on health. It shows the impact of diet on various sports with an underline on endurance sport performances. In order to represent with detail the coherence of sport and this specific sport diet, we have processed many scientific researches.

Key words: low carbohydrate diet, carbohydrates, fat, sport performance, endurance

Sadržaj

1 UVOD 4

2 PREHRANA 6

2.1 SPORTSKA PREHRANA 6

2.1.1 Karakteristike energetskih potreba za vrijeme treninga i natjecanja 8

2.2 MAKRONUTRIJENTI 10

2.2.1 Proteini 10

2.2.2 Masti 11

2.2.3 Ugljikohidrati 12

3 KETOGENA DIJETA 14

3.1 METABOLIZAM MASTI I UGLJIKOHIDRATA 14

3.2 KETOZA 15

3.3 UTJECAJ NA ZDRAVLJE 18

3.3.1 Smanjenje težine 19

3.3.2 Kardiovaskularne bolesti 20

3.3.3 Epilepsija 20

3.3.4 Alzheimerova bolest 21

3.3.5 Parkinsonova bolest 22

3.4 UTJECAJ NA SPOSOBNOSTI 23

3.4.1 Izdržljivost 24

3.4.2 Utjecaj na ostale sposobnosti 30

4 ZAKLJUČAK 35

5 LITERATURA 36

1 UVOD

Za definiranje ketogene dijete i kako ona utječe na sposobnosti sportaša i njihove izvedbe, potrebno je prethodno shvatiti odnos prehrane i sporta. Prehrana je u ljudskoj povijesti uvijek imala veliki značaj, naročito u ljekovitom smislu. Ona se uvelike promijenila tokom godina, posebice razvojem industrijalizacije gdje su ljudi zaboravili koje su namirnice hranjive i dobre za organizam, pa su unosili namirnice i ne razmišljajući o njihovom sastavu. Tada je odjeknuo val raznih bolesti povezanim sa pretilošću, alergijama i raznim autoimunim bolestima što je ljude navelo na razmišljanje da bi promjenom stila života i prehrane mogli poboljšati svoje zdravlje. Nutricionisti i liječnici su redovito davali svoja mišljenja o tome kako bi prehrana trebala izgledati. Jedna se stavka nekako uvijek ponavljala kroz povijest, a to je raznovrsna prehrana.

Sportska prehrana područje je proučavanja u kojem se godišnje objavi na stotine istraživanja (Kreider i suradnici, 2010). Raznovrsna, balansirana prehrana omogućuje sportašima željene rezultate i maksimalne sportske dosege. Balans je u prehrani vrlo važan čimbenik koji nam govori koliko i kojih tvari moramo unijeti u svoje tijelo s obzirom na naše potrebe. Kod sportaša te su potrebe daleko više nego kod osoba koje se rekreativno bave ili uopće ne bave sportom, pa su i restrikcije veće. Biraju se namirnice visokih vrijednosti, a kako su se dotadašnje spoznaje u prehrani sportaša temeljile na većim količinama ugljikohidrata, birale su se namirnice sa visokim udjelom ugljikohidrata. Ugljikohidrati su najbrži izvor energije, te ih moramo stalno unositi kako bi održali otprilike jednake vrijednosti u organizmu.

Mnogo je istraživanja koja opisuju vrijednost ugljikohidrata i njezin utjecaj na sportsku izvedbu. Brojne su studije pokazale poboljšanje sportskih aktivnosti većom konzumacijom prehrane bogate ugljikohidratima. Ona utječe kako na fizičku, tako i na psihičku izvedbu sportaša (Welsh i suradnici, 2002). Omogućuje sportašu da se bolje koncentrira prilikom važnih utakmica i utječe na odgodu umora. Prilikom utakmice dužeg trajanja ili treninga izdržljivosti, potrebno je naknadno unositi ugljikohidrate.

Pojave prehrambenih piramida samo su neke od značajnosti koje su obilježile prehranu kroz povijest i dale joj drugačiju sliku. Sportska prehrana kao pojam, spominjan često u ovome radu odnositi će se na prehranu profesionalnih sportaša čiji su energetski zahtjevi

mnogo veći. U tome dijelu biti će također ukratko opisani makronutrijenti, koja je njihova uloga u tijelu te na koji način svaki od njih pomaže, odnosno odmaže u sportskoj izvedbi.

U samu srž rada ulazimo predstavljajući ketogenu dijetu. Prikazani su rezultati mnogih znanstvenih i stručnih radova kako bi što bolje mogli objasniti utjecaj dijete na organizam i sportske sposobnosti. Ketogena dijeta u sportu još uvijek nije toliko popularna i razvijena, te se najčešće koriste varijacije takve prehrane koje uključuju nisko ugljikohidratnu prehranu. Još uvijek postoje razdvojena mišljenja o ketogenoj dijeti kao takvoj. Također, većina znanstvenih istraživanja, rađena na utjecaj te dijete na sportaševu izvedbu su iz područja sportova izdržljivosti, dok su učinci drugim sportovima slabije istraženi.

Cilj je istražiti pobliže ketogenu dijetu kao pojam i objasniti kakav ona ima utjecaj na zdravlje i sport. Također, staviti će se naglasak na utjecaj sposobnosti sportaša, odnosno kako ketogena dijeta utječe na sportsku izvedbu. Od sposobnosti kao najviše istraživana sposobnost, biti će spomenuta izdržljivost. Ispitivat će se dolazi li u ekstremnim okolnostima kakve profesionalni sportaši doživljavaju tijekom pripremnog perioda i perioda natjecanja, pa sve do promjena u organizmu ukoliko je organizam u ketogenom načinu rada.

2 PREHRANA

Prehranu definiramo kao znanost o hrani i hranjivim tvarima, njihovom djelovanju, interakciji i balansu povezanom sa zdravljem i bolešću te procese kojima organizmi uzimaju, upijaju, prenose, koriste i izlučuju prehrambene tvari. Pravilna prehrana koja je energetski i kvalitativno primjerena, ima veliki značaj za rast, razvoj i sazrijevanje (Mišigoj-Duraković, 2008:191). „Prehrana je jedan od osnovnih čimbenika za unapređenje i održavanje mentalnog i fizičkog zdravlja, postizanje ljepšeg izgleda te većih energetskih sposobnosti za savladavanje svakodnevnih napora“ (Sekulić, 2000).

2.1 SPORTSKA PREHRANA

Kada govorimo o sportskoj prehrani, u ovome radu, mislimo na prehranu za profesionalne sportaše, a ne osobe koje se rekreativno bave određenim sportom jedanput ili dva puta tjedno. To je važno naglasiti upravo iz razloga jer profesionalni sportaši (u nastavku samo „sportaši“) imaju drugačije potrebe organizma, budući da njihovo tijelo troši puno više energije pa tu potrošenu energiju moraju nadoknađivati prehranom koje je iz istog razloga, puno više. Stavljen je naglasak na raznovrsnu, balansiranu prehranu, jer se svaka jednolična prehrana smatra pogrešnom, kako ne omogućuje sve potrebne makronutrijente. Takva jednolična prehrana, smatra se da, sportašu ne može omogućiti pozitivno zdravstveno stanje i dobru sportsku izvedbu. Balansirana prehrana označava uspostavljanje ravnoteže između potreba i podmirenja stanja organizma.

Nas ovdje zanima prehrana koja će sportašima omogućiti maksimalne sportske dosege. Prehrana u sportu igra jednu od glavnih uloga u uspjehu sportaša te samo optimalnom prehranom možemo poboljšati sportsku izvedbu, izdržljivost i oporavak od određene sportske aktivnosti. Mnogi nutricionisti specijalizirani za sport i sportsku prehranu pridaju posebnu važnost u odabiru hrane i tekućina, vrijeme unosa prije, tijekom i nakon aktivnosti, kao i raznim suplementima vezanim za zdravlje i bolju izvedbu. Stalnim napretkom u području sporta i sportske izvedbe uvijek je prehrana bila ta koja je pomno pratila napretke stručnjaka. Danas nam ti podaci omogućuju brzu pretragu podataka temeljenim na dokazima i analizama, gdje je najčešće riječ o energetskoj potražnji,

potražnji i unosu tekućina tijekom treninga i natjecanja te procjeni sastava tijela. Znanstvena se istraživanja svakodnevno provode s ciljem ispitivanja prehrambenih teorija i raznih sastojaka za poboljšanje sposobnosti sportaša.

Od izuzetne je važnosti kontrolirati prehranu jer neredovita ili loša prehrana mogu uzrokovati i pad radne sposobnosti, što nam ustvari nikada nije cilj, jer u sportu imamo određeni period pripreme koji moramo poštivati. Isto se događa sa unosom tekućine, odnosno nedovoljnim unosom tekućine, gdje dolazi do značajnih pojava umora, smanjenja radnih sposobnosti i raznih psiholoških negativnih posljedica pa sportaš ne može pokazati svoje adute. Na pojavu umora znatno utječu vanjski uvjeti poput vrućine koja povećava potrebe hidracije organizma (Shirreffs, 2009). Ukupna bi se prehrana sportaša trebala temeljiti na izbalansiranom unosu namirnica sa dovoljnim udjelom ugljikohidrata, proteina, masti, minerala i vitamina te tekućine. Ta prehrana, naravno, ovisi o vrsti sporta, samom sportašu, spolu i da li se unosi prije, tijekom ili nakon neke aktivnosti ovisno o njenom trajanju.

Glukoza je ugljikohidrat monosaharid koji u tijelu mišićima služi kao „gorivo“. U tijelu se glukoza pohranjuje u mišićima i jetri kao glikogen te kada je tijelu potrebna za neku aktivnost, vraća se nazad u glukozu (Guyton, Hall, 2003:774).

Nakon aktivnosti, sportaševe su zalihe glikogena na niskoj razini te ih je potrebno prehranom vratiti na razine prije aktivnosti kako ne bi dolazilo do pojave umora i slabije izvedbe na sljedećim treninzima. Ukoliko sama aktivnost traje duže od sat vremena, sportaše se potiče na uzimanje ugljikohidrata u obliku zaslađenih pića koji će produžiti njihovu izdržljivost.

U studiji provedenoj 2002. godine na malom uzorku sportaša, rezultati su pokazali kako sportaši koji su prije i tijekom aktivnosti uzimali zaslađena pića pokazali su bolje rezultate u fizičkom i psihičkom dijelu nego oni koji nisu uzimali ništa (Welsh i suradnici, 2002). Istraživanja su pokazala da ako omogućimo dovoljno veliku količinu glikogena prije aktivnosti, ona utječe pozitivno na odgodu umora pa čak i poboljšanje radne sposobnosti.

„Hrana bogata proteinima osigurava aminokiseline potrebne za izgradnju, obnovu i pravilan razvoj mišića te za smanjenje rizika od anemije prouzročene nedostatkom željeza“ (Clark, 2000:23).

Uzevši sve u obzir, lako je zaključiti kako su tijekom treninga visokog intenziteta najpotrebniji ugljikohidrati i proteini koji nam omogućavaju održavanje stalne tjelesne mase i odgađaju pojavu zamora.

2.1.1 Karakteristike energetskih potreba za vrijeme treninga i natjecanja

Odavno je poznato da na veličinu energetskih potreba pri treningu utječu mnogi čimbenici kao što su na primjer tjelesna masa, veličina tijela sportaša te sadržaj treninga. Veliki utjecaj na izvedbu sportaša imaju okolne temperature, površine za treniranje poput gustoće vode, suhog ili mokrog snijega, a za trkače ravna ili neravna površina (Donath, Schuler, 1977:24). U razdoblju natjecanja razlikujemo vanjske faktore (ograničeno vrijeme, sportski protivnik, gledateljstvo, suci itd.) te unutarnje faktore (motiviranost sportaša, uzbuđenost, pobjednički stav, želja za dokazivanjem itd.) koji utječu na sportsku izvedbu (Milanović, 2013:179).

Ovisno o sportu, a unutar sporta i disciplini za koju se pripremaju, sportaši imaju različite energetske potrošnje. „S približavanjem natjecanja, treninzi postaju kraći i intenzivniji te specifičniji i vrlo bliski stvarnim naporima natjecateljske izvedbe“ (Milanović, 2013:168). U natjecateljskom periodu potrebno je pravilno raspoređivati natjecanja jer odmori između nastupa trebaju omogućiti potpuni oporavak za uspješno sudjelovanje na sljedećem natjecanju.

U primjeru su obrađene dvije Olimpijske igre, jedne održane 1936. godine u Berlinu, a druge 2016. godine u Riju. Obje su poznate po jednom posebnom trkaču, Berlin po atletičaru Jesse-u Owensu koji je tada osvojio čak četiri zlatne medalje nastupivši u disciplinama skok u dalj te trčanje na 100m, 200m i kao član štafete 4 x 100m, a Rio po nepobjedivom Boltu koji već treći put za redom slavi kao najbrži u disciplinama 100m, 200m i kao član štafete 4 x 100m. U svoje vrijeme oboje su briljirali.

Objektivni čimbenici koji su utjecali na njihovu izvedbu, prije svega bili su tehnike treniranja te različitosti treninga, a zatim i pojedinosti poput podloga na kojoj su trenirali, startnih blokova, obuće, vremenskih uvjeta itd.

Nedavno se u sličan pothvat upustio trkač Andre De Grasse koji je na Olimpijskim igrama u Riju osvojio brončanu medalju otrčavši 9.91 s. On je u suradnji sa Kanadskom radio-televizijom CBC (Canadian Broadcasting Corporation) snimio kratak dokumentarac gdje je prikazan njegov pokušaj u trčanju na 100 m u uvjetima kakvima je trčao Owens. Uvjeti su obuhvaćali posebnu izradu replike obuće te zemljanu podlogu bez startnih blokova. Na kraju „utrke“, De Grassi je izjavio: „Mislim da se nikad nisam osjećao umornije nakon istrčanih 100 metara. Bilo je jako teško. Mislim da to pokazuje da je Jesse imao puno snage“ (The Nature of Things, Andre De Grasse vs. 1936 Olympic Champ Jesse Owens, CBC intervju). On je svome pokušaju otrčao blizu 11 sekundi. U takvim su uvjetima sportaši prije trenirali i samim time stvarno i možemo zaključiti kako su tadašnji sportaši zaista morali imati puno energije.

Sljedeći prikaz (tablica 1) nam daje uvid u to kolike su bile prosječne dnevne kalorijske potrebe sportaša. U tablici su ponuđeni samo određeni sportovi koji će i kasnije u radu poslužiti kao primjer. U plivanju je uzet primjer Michaela Phelpsa, kao ekstremna granica prehrane (Michael Phelps Fansite (2016). Primjeri iz 1977. godine uzeti su iz knjige „Donath, Schuler (1977): Ishrana sportista“. Za tenis (World Tennis (2015) i biciklizam (Garcia- Roves i suradnici, 2000:85-95) uzeti su okvirni primjeri s obzirom na današnje sportske dosege.

Tablica 1. Prikaz razlike u prosječnim dnevnim kalorijskim potrebama po sportovima (prema: Michael Phelps Fansite; Donath i Schuler; World Tennis; Garcia- Roves i suradnici)

SPORT / DISCIPLINA	**DNEVNA KALORIJSKA POTREBA (kcal)**	
	1977. god	**2016. god**
Plivanje (200-1.500 m)	5.400	12.000
Biciklizam	6.200	7.000-9.000
Tenis	5.200	3.000-5.000

2.2 MAKRONUTRIJENTI

„Makronutrijenti su hranjive tvari koje svojom razgradnjom osiguravaju energiju organizmu“ (Bender, Krstev, 2008). U ljudskom tijelu su potrebni u velikim količinama za rast, razvoj i normalnu funkciju organizma. Sama riječ „makro“ govori o značenju koliko su zaista ti nutrijenti potrebni organizmu. Makronutrijenti uključuju proteine, masti i ugljikohidrate.

2.2.1 Proteini

Proteini (bjelančevine) u tijelu imaju razne uloge kao što su strukturna, enzimska, imunološka (zaštitna), hormonska i neurotransmiterska, transportna, energetska, puferska (održavanje normalnog pH), osmotska (održavanje optimalnog balansa tečnosti) te mehanička (Centar za sportsku ishranu i suplementaciju, 2011.-2015). Sve od gradivne do energetske, pa do sinteze hormona, gena i transporta kisika. Bitni su za održavanje ravnoteže tekućina, obrambene sposobnosti organizma, kao i u zaustavljanju krvarenja. Gradivne jedinice svake bjelančevine čine aminokiseline (Bender, Krstev, 2008). U tijelu ih možemo naći svega dvadeset.

Aminokiseline možemo, osim na esencijalne i neesencijalne, još podijeliti na glukogene i ketogene. Velika većina aminokiselina su glukogene i mogu poslužiti kao materijal za glukoneogenezu. Lizin i leucin su izuzetak jer mogu dati keto tijela pa ih svrstavamo u ketogene aminokiseline. Unosom hrane ili razgradnjom proteina u organizmu, aminokiseline dospijevaju u krv odakle se koriste kao izvor energije, za sintezu proteina ili se uključuju u različite metaboličke procese (Šatalić, Sorić, Mišigoj-Duraković, 2015:128). Glukogeneza je proces koji nastaje uslijed smanjenih vijednosti zaliha ugljikohidrata. Tada umjerene količine glukoze mogu nastati od aminokiselina i glicerolskoga dijela masti (Guyton, Hall, 2003:779).

Za odrasle osobe, preporučeni dnevni unos proteina, je 0.8 g/kg TM s obzirom na strukturalne potrebe. U obzir uzimamo tri različite mjere: dnevni unos (g/d), unos s obzirom na tjelesnu masu (g x kg(-1) x d(-1)) te unos kao dio cjelokupne energije. Preporučeni maksimalni unos proteina s obzirom na potrebe organizma, kontrolu mišićne

mase i izbjegavanje toksičnosti proteina iznosi 25% energetskih potreba na otprilike 2 do 2.5 g x kg(-1) x d(-1), što odgovara unosu 176 g proteina na dan za osobu koja teži 80 kg i dnevno unosi 12,000 kJ/d (Bilsborough, Mann, 2006).

Što se tiče energetskih potreba sportaša, one iznose nešto više vrijednosti. Različiti su pristupi unosa proteina s obzirom na vrstu treninga pa razlikujemo unose kod sportaša aerobnih vrsta i vrsta treninga s vanjskim opterećenjem. Sportaši koji žele dobiti na mišićnoj masi unositi će veće količine proteina nego sportaši koji se bave sportovima izdržljivosti. Unos bi tada iznosio 1.3-1.8 g · kg(-1) · dan(-1). To također ovisi i o vrsti treninga, jer su potrebe utreniranih sportaša manje, dok su potrebe više tijekom treninga visokog intenziteta (Phillips, Van Loon, 2011).

2.2.2 Masti

Masti se, uz ugljikohidrate, smatraju najvažnijim izvorom energije. One nam omogućuju apsorpciju vitamina topljivih u mastima te rast i razvoj, a mnoge su masti važan sastavni dio staničnih struktura i lipoproteina. Također, masti sudjeluju u raznim ulogama kao što su energetska, gradivna (izgradnja membrana), regulacijska (hormoni), transportna i zaštitna. Masno tkivo ima ulogu izolatora topline kao i zaštitnu ulogu (npr. od udaraca). Ono štiti tijelo od trauma pri udarima, pritiscima i drugim mehaničkim djelovanjima. U našem tijelu, masti se ponašaju kao regulatori hormona gdje preniska količina masti u prehrani može rezultirati brojnim problemima na primjer sa libidom, menstrualnim ciklusima (Isacco, Duché, Boisseau, 2012), očima, kožom i brojnim drugim biokemijskim procesima.

Često zastupljene u prirodi, masne se kiseline najčešće javljaju kao nerazgranati lanci sastavljeni od ugljika, vodika, kisika i kiselinskih skupina. S obzirom na zasićenost veza ugljika s drugim atomima, tako razlikujemo zasićene, jednostruko nezasićene i višestruko nezasićene masne kiseline (Bender, Krstev, 2008).

„Proces iskorištavanja masti za dobivanje energije gotovo je identičan onom kod ugljikohidrata (glukoze), ali započevši od Krebsovog ciklusa. Naime, masti se ne mogu iskorištavati "anaerobno", stoga se dobivanje energije iz masti svodi samo na procese oksidacije (aerobne procese)“ (Sekulić, 2000).

Ugljikohidrati se u tijelu pohranjuju u mišićima, jetri i ostalim tkivima, a njihova zastupljenost iznosi svega nekoliko stotina grama glikogena. Sinteza masti pak omogućuje da se oni, zajedno sa ugljikohidratima pohranjuju za kasniju uporabu. Prosječan čovjek ima otprilike 150 puta više energije pohranjene u obliku masti nego u obliku ugljikohidrata (Guyton, Hall, 2003:785).

Najbogatiji su izvor energije jer 1 g masti oslobađa 38 kJ (9 kcal) energije, što je dvostruko više od proteina i ugljikohidrata. „U redovnom planu prehrane od 34 do 38% dnevnog kalorijskog unosa otpada na lipide. Međutim, kod sportaša unos masti nikako ne bi trebao prelaziti 30% od ukupnog dnevnog kalorijskog unosa. Oko 20 do 25% kalorijskog unosa koji potječe od masti je kod sportaša prihvatljiv i preporučljiv. Nezasićene masne kiseline trebaju činiti bar 70% od ukupnog unosa masti (ako je moguće i cijelih 80%) sa odnosom 50:50 između polinezasićenih i mononezasićenih masnih kiselina“ (Centar za sportsku ishranu i suplementaciju, 2011-2015).

2.2.3 Ugljikohidrati

Za ugljikohidrate kažemo da su izvor energije za sve stanice u tijelu. Najčešći naziv za ugljikohidrate u biokemiji su nazivi saharidi ili šećeri, a dijelimo ih u četiri skupine: monosaharide, disaharide, oligosaharide i polisaharide.

Adekvatna količina ugljikohidrata u prehrani nužna je za pravilan rad središnjega živčanog sustava (Bender, Krstev, 2008). Ugljikohidrati imaju važne uloge u organizmu jer su to energetski oblici koji se prvi počinju iskorištavati te se jedino se iz glukoze može dobiti energija anaerobnim procesom (bez kisika). Oni također sudjeluju u ulogama izmjene tvari u metabolizmu, u izgradnji stijenki bakterijskih stanica, glavni su izvor energije za sve tijelesne funkcije i mišićni rad te su neophodni u ulozi probave.

Kroz probavu se svi ugljikohidrati uneseni u organizam apsorbiraju i zatim razgrade do glukoze, a kako bi glukoza ušla u staničnu membranu, potreban joj je poseban nosač kojeg aktivira inzulin (Sekulić, 2000). Dvije najvažnije tvari u prometu ugljikohidrata u tijelu su glukoza i glikogen. Glukoza u krvi ima važnu ulogu koja se sastoji od dovođenja energije

svim stanicama tijela uloge goriva da bi se uopće održali životni uvjeti (Donath, Schuler, 1977:33). „Rezerve ugljikohidrata nisu beskonačne (npr. glikogen u jetri potroši se nakon gladovanja od 15h) i potrebno ih je svaki dan obnavljati. Nedovoljan unos ugljikohidrata ima negativan utjecaj ne samo na rezultate nego i općenito raspoloženje, tj. veći unos ugljikohidrata može spriječiti negativne posljedice pretreniranosti“ (Šatalić, Sorić, Mišigoj-Duraković, 2015:147).

Pravilan odmor ima zadaću osigurati oporavak organizma sportaša (Milanović, 2013:189). Kako bi osigurali oporavak, bitna je nadoknada potrošene energije. Jedan gram ugljikohidrata izgaranjem daje, poput bjelančevina, približno 4 kcal. U svakodnevnoj prehrani preporučeni unos ugljikohidrata za opću populaciju je 45-65 % kcal (Šatalić, Sorić, Mišigoj-Duraković, 2015:157). U prehrani sportaša preporučuje se unos ugljikohidrata od 5 do 7 g/kg/dan, odnosno od 7 do 10 g/kg/dan kod visokointenzivnih treninga izdržljivosti (Burke i suradnici, 2001).

Kao najbolja prehrana za sportaše uvijek se uzimala prehrana bogata ugljikohidratima koja bi zatim sportašima omogućila adekvatnu pripremu za nadolazeća opterećenja. Povećani unos ugljikohidrata uzrokuje poboljšanje sposobnosti, za razliku od dijeta u kojima unos ugljikohidrata ostaje nepromijenjen (Nicholas, Green, Hawkins, Williams, 1997).

Dokazano je da trošenje glikogena utječe negativno na izdržljivost sportaša. Štoviše, istraživanja su pokazala da unosom ugljikohidrata nakon aktivnosti, utječemo na smanjenje vremena potrebnog za oporavak. Međutim, nekoliko je studija pokazalo kako trening izdržljivosti s niskim unosom ugljikohidrata dovodi do katkad boljih adaptacija i izvedbi u odnosu na one gdje su pune zalihe glikogena (Knuiman, Hopman, Mensink, 2015).

3 KETOGENA DIJETA

3.1 METABOLIZAM MASTI I UGLJIKOHIDRATA

Zadatak većeg dijela kemijskih reakcija u tijelu je kako pretvoriti energiju iz hrane u oblik koji je dostupan različitim fiziološkim sustavima u stanicama. Sve vrste hranjivih tvari koje posjeduju energiju (ugljikohidrati, masti i bjelančevine) mogu u stanicama oksidirati, pri čemu će se osloboditi veća količina energije. Za fiziološke procese u stanicama potrebna je energija koja može pokrenuti mehaničke kretnje pri mišićnom radu, koncentrirati otopljene tvari u žlijezdama za potrebe lučenja i poticanje drugih aktivnosti. Za proizvodnju energije potrebno je izazvati kemijske reakcije koje su povezane sa sustavima odgovornim za pojedine fiziološke funkcije. Takvo povezivanje omogućuju posebni stanični enzimi i sustavi za prijenos energije.

Slobodna energija je količina energije koja je oslobođena potpunom oksidacijom hranjive tvari. Adenozin –trifosfat (ATP) je kemijski spoj koji se nalazi u citoplazmi i nukleoplazmi svih stanica. Svim fiziološkim mehanizmima kojima je potrebna energija za rad, ona dolazi izravno od ATP –a. Može se reći i da je ATP posrednički spoj čije je svojstvo da ulazi u mnoge reakcije s hranjivim tvarima iz kojih izvlači energiju ili reakcije fizioloških mehanizama koje opskrbljuje energijom da bi mogli djelovati.

Probava ugljikohidrata počinje u ustima pri čemu se hrana miješa sa slinom koja sadrži enzim ptijalin. On hidrolizira škrob na disaharid maltozu i druge manje glukozne polimere. Probava se nastavlja u želucu, gdje se hrana miješa sa želučanim sokovima i otprilike 30 – 40 % škroba se hidrolizira u maltozu. Nakon toga se hrana i slina u potpunosti pomiješaju sa želučanim sokovima. Nakon što poluprobavljena smjesa himus prijeđe iz želuca u dvanaestnik miješa se sa gušteračinim sokom koji kao i slina sadrži veliku količinu a- amilaze ali je puno djelotvornija. Prije nego što napuste dvanaesnik sve vrste škroba se gotovo pretvore u maltozu i druge male glukozne polimere. Svi konačni proizvodi probave ugljikohidrata su monosaharidi, topivi u vodi, te se odmah apsorbiraju u portalnu krv (Guyton, Hall, 2003:754-755).

Najveći dio ugljikohidrata uzetih hranom apsorbiraju se u obliku monosaharida, a jedan manji dio u obliku disaharida. Od apsorbiranih monosaharida najobilnija je glukoza. Ona daje više od 80% energije koja potječe od apsorbiranih ugljikohidrata.

U hrani najčešće pronalazimo neutralne masti – trigliceride. Njihove molekule sastavljene su od glicerolske jezgre i triju masnih kiselina. Osim neutralnih masti, u hrani nalazimo i male količine fosfolipida, kolesterola i kolesterolskih estera. Kolesterolski esteri i fosfolipidi sadrže masne kiseline, pa i njih smatramo mastima, dok je kolesterol sterolni spoj koji nema masnih kiselina već samo neka fizikalna kemijska svojstva masti. On nastaje od masti i njegov metabolizam nalikuje na metabolizam masti. Zato gledano sa stajališta prehrane i kolesterol možemo smatrati mastima.

Budući da se samo 10 % probave triglicerida obavlja u ustima i želucu, možemo reći da se probava masti odvija u tankom crijevu gdje se masne kapljice razbijaju na male čestice (emulgiranje masti). Lipaza iz gušteračinog soka najvažniji je enzim za probavu triglicerida. Ona razradi većinu triglicerida iz hrane do slobodnih masnih kiselina i 2 – monoglicerida (Guyton, Hall, 2003:756-761).

3.2 KETOZA

Ketogenu dijetu karakterizira smanjeni unos ugljikohidrata (najčešće je to 50 g/dan) te povećani unos proteina i masti. Glavnina energije dobivena je od masti (>80%) (Burke, 2015).

CNS koristi glukozu kao primarni izvor, a dogodi li se da tri do četiri dana ne dobiva dovoljne količine glukoze, primoran je pronaći alternativni izvor energije. Takav primjer dobivanja energije poznat je kod gladovanja, dijabetesa i dijetama bogatim mastima i smanjenim ugljikohidratima koje dovode do ketogeneze, procesa povećanog stvaranja ketonskih tijela (Burke, 2015).

Ketoza je metabolički proces koje tijelo obavlja svakodnevno. U krvi i u međustaničnoj tekućini nalaze se koncentracije acetoctene kiseline koja je ketokiselina, β-hidroksimaslačne kiseline i acetona koje mogu postati više nego obično. Ti se spojevi nazivaju ketonskim tijelima, a stanje ketoza (Guyton, Hall, 2003:784). U normalnim

uvjetima koncentracija ketonskih tijela je relativno niska (<0.3 mmol/L) u usporedbi s glukozom (4-6 mmol/L) (Paoli i sur., 2013).

Kada prehranom unosimo ugljikohidrate u svoje tijelo, ono ih koristi za proizvodnju energije, no kada dođe do nedostatka ugljikohidrata, energija se dobiva iz masti. Masti se u jetri zatim razgrađuju na masne kiseline i ketonska tijela. Ako je osoba zdrava i ima izbalansiranu prehranu, njeno tijelo samo kontrolira koliko će potrošiti masti i ustvari niti proizvodi niti koristi ketone. Ali kada osoba smanji unos hrane ili ugljikohidrata, njeno tijelo prelazi na ketozu kako bi dobilo energiju. To se također može dogoditi uslijed treninga izdržljivosti (WebMed, Diabetes Health Center, 2014). U stanjima sa izrazito smanjenim unosom ugljikohidrata ili šećernoj bolesti u kojoj postoji nemogućnost iskorištavanja ugljikohidrata, organizam je prisiljen priskrbiti energiju metabolizmom masti (Guyton, Hall, 2003).

Brojnim je istraživanjima dokazana pozitivna korelacija nisko ugljikohidratnih ketogenih dijeta i terapeutske uloge kod brojnih bolesti. Ketogena dijeta pozitivno djeluje u redukciji tjelesne mase o čemu govore i mnoga istraživanja koja pokazuju kako je ketogena dijeta efektivnija nego dijete na niskim unosom masti. Osim pozitivnih stvari, za ketogenu dijetu se vežu i negativne posljedice povezane sa zdravstvenim problemima (poglavlje broj 3.2) (Paoli i suradnici, 2013).

Za vrijeme ketogene dijete, osobi je dozvoljeno unošenje hrane s većim udjelom masnoće, jer tada izuzima ugljikohidrate iz svoje prehrane koje je potrebno zamijeniti drugim namirnicama. Kada masti i proteini postaju primarni izvor energije, tijelo počinje gubiti na masnoći u organizmu pa kao rezultat dolazi i do smanjenja tjelesne težine (Veech, 2004). Smanjenje tjelesne težine ne znači i smanjenje mišićne mase, do čije promjene ne dolazi previše jer unosimo dostatne količine proteina u organizam. Ukoliko se osoba odluči prekinuti ketogenu dijetu, potrebno je postepeno u redovni način prehrane uključivati i male količine ugljikohidrata. Važno je da taj prijelaz bude što duži kako bi organizam imao vremena da se opet navikne na prehranu sa ugljikohidratima.

Svakodnevna prehrana ketogene dijete sadrži prehranu bogatu mesom, jajima, ribom, sirom i povrćem. Raznovrsno povrće omogućuje unos vitamina, vlakana i drugih esencijalnih tvari u organizam, no treba imati u vidu povrće koje nije bogato ugljikohidratima.

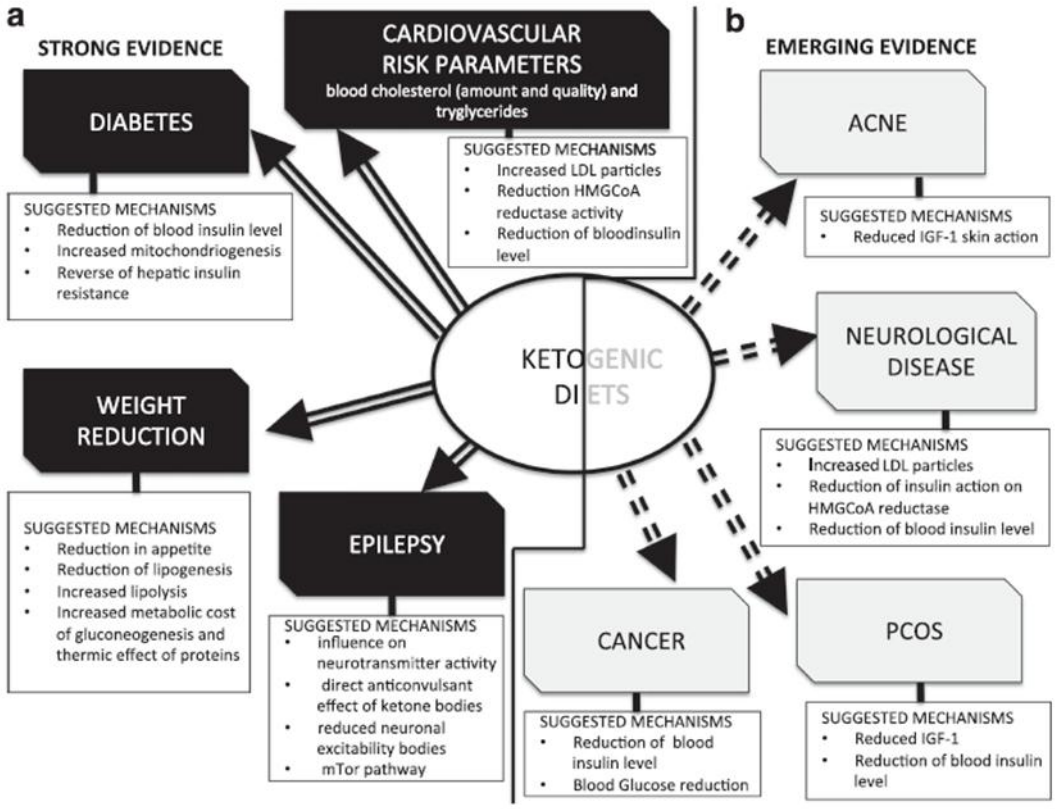
Sljedeća tablica prikazuje vrijednosti hrane koja nam služi kao ogledni primjer prijašnje napisanog teksta. Od povrća, najviše ugljikohidrata zastupljeno je u riži, a najmanje u krastavcima i mahunama. Neke voćne namirnice, kao što su banane, također nije preporučljivo pretjerano konzumirati jer jedna banana u 100 grama sadrži otprilike 27 grama šećera. Krumpir, riža, grah i grašak samo su neko povrće koje obiluje ugljikohidratima pa su u pravilu te namirnice zastupljene u tim dijetama u manjim količinama ili su izostavljene.

Tablica 2. Prikaz količine ugljikohidrata u hrani (u 100 g sirove namirnice) (Šatalić, Sorić, Mišigoj-Duraković, 2015:148-149)

Hrana	**Kalorije**	**Proteini**	**Masti**	**Ugljikohidrati**
Naranča	35	1	0	9
Banana	79	1	0	19
Jabuka	40	0	0	10
Grožđe	60	1	0	12
Trešnje	48	1	0	12
Mrkva	36	1	0	8
Čokolada	512	5	32	51
Grah	273	19	1	50
Grašak	67	6	0	11
Kukuruz	127	4	2	24
Riža	349	7	1	78
Špageti	378	14	1	84
Krastavci	14	1	1	2
Mahune	18	2	0	2
Kikiriki	570	24	49	9
Lješnjak	701	14	69	6

3.3 UTJECAJ NA ZDRAVLJE

Suvremena istraživanja neosporno pokazuju povezanost između industrijske hrane i novonastalih bolesti. Ketogena dijeta, općenito je više prepoznatljiva u svijetu doktora i zdravlja nego sporta. Najpoznatija je u borbi protiv viška kilograma i pretilosti jer osim što pomaže pri topljenju masti u organizmu, ketozom možemo utjecati i na osjećaj gladi (WebMEed, Diabetes Health Center, 2014). Dok u drugim dijetama osobe moraju paziti na dnevni unos kalorija, ketogena dijeta zagovara drugačiji način. Ona se zasniva na tezi da se osoba ne treba ustručavati u hrani. Naravno, ketogena dijeta ne pomaže samo u gubitku tjelesne mase, već i mnogim drugim bolestima. Bolesti na koje nisko ugljikohidratna dijeta pozitivno utječe, poput smanjenja tjelesne težine, epilepsije, Alzheimerove bolesti, Parkinsonove bolesti, autizma, multiple skleroze, raka, sindroma policističnih jajnika, kardiovaskularnih bolesti, neuroloških bolesti, dijabetesa, akna, itd (slika 1) (Paoli i suradnici, 2013). U nastavku su detaljnije opisani neki od njih, kao i način na koji nisko ugljikohidratna prehrana pozitivno djeluje na iste.



Slika 1. Prikaz bolesti na koje može pozitivno utjecati ketogena dijeta (Paoli i suradnici, 2013)

3.3.1 Smanjenje težine

Nije upitno da ketogena dijeta ima pozitivan utjecaj na smanjenje težine ispitanika, no postoje različite teorije kojim se mehanizmima do nje dolazi. Neki stručnjaci drže da nema metaboličkih prednosti u nisko ugljikohidratnim dijetama te da je smanjenje težine samo produkt smanjenog unosa kalorija u organizam. Drugi pak zagovaraju tezu da itekako postoje značajne metaboličke prednosti podižući pritom interes javnosti u ulozi nisko ugljikohidratnih dijeta na smanjenje težine i metabolizam općenito. Studije su pokazale da većina ispitanika koja se pridržava nisko ugljikohidratne dijete gubi više kilograma tijekom prvih 3 do 6 mjeseci dijete.

Jedna hipoteza nalaže da je to zbog toga što organizam energiju u tom slučaju crpi iz proteina, za čiji je postupak potrebno utrošiti više kalorija. Prosječnom ljudskom organizmu potrebno je 60 – 65 g glukoze dnevno i tijekom prve faze nisko ugljikohidratne dijete ona se djelomično, otprilike 16 %, dobiva iz glicerola, dok se većina dobiva glukoneogenezom proteina. Na proces glukoneogeneze organizam troši otprilike 400 – 600 Kcal/dan.

Tablica 3. Razine glukoze, inzulina i ketonskih tijela (KT) u krvi tijekom normalne prehrane, ketogene dijete te u stanju dijabetičke ketoacidoze (Paoli i suradnici, 2013, vlastiti prijevod)

Razine u krvi	**Normalna prehrana**	**Ketogena dijeta**	**Dijabetička ketoacidoza**
Glukoza (mg/dl)	80-120	65 - 80	> 300
Inzulin (μU/I)	6-23	6.6 -9.4	≈ 0
KT (m_M/I)	0.1	7/8	> 25
pH	7.4	7.4	< 7.3

Drugi pristup koji je znatno jednostavniji kaže da je uzrok povećanom gubitku težine kod nisko ugljikohidratne prehrane smanjenje apetita uslijed djelovanja ketoze. Rezultati istraživanja kažu da je to zbog izravnog utjecaja ketogenih tijela, kao i promjena u razinama hormona koji utječu na apetit.

3.3.2 Kardiovaskularne bolesti

U prošlosti je bilo određenih sumnji u dugotrajnu izloženost nisko ugljikohidratnim dijetama u usporedbi s uravnoteženom prehranom, kao i negativnih mišljenja vezano za moguće utjecaje na trigliceride i razinu kolesterola u krvi.

Prema Meckling i suradnicima koji su 2003. godine objavili istraživanje pod nazivom „Comparison of a Low-Fat Diet to a Low-Carbohydrate Diet on Weight Loss, Body Composition, and Risk Factors for Diabetes and Cardiovascular Disease in Free-Living, Overweight Men and Women“, ne postoje značajne razlike u rezultatima između dijete s niskim unosom ugljikohidrata i dijete s niskim unosom masti po pitanju kardiovaskularnih bolesti. Istraživanje je obuhvaćalo dvije testne skupine koje su proučavane kroz deset tjedana. Rezultati su pokazali da su obje dijete (niski unos masti i niski unos ugljikohidrata) imale pozitivne promjene u smanjenju sistoličkog i dijastoličkog krvnog tlaka (Meckling i suradnici, 2003).

Većina novijih istraživanja pokazala je pozitivne utjecaje nisko ugljikohidratne prehrane. Navedeno je tako značajno smanjenje razina LDL-kolesterola, zatim povećanje HDL-kolesterola, što ima izravan utjecaj na smanjenje rizika od kardiovaskularnih bolesti (Paoli i suradnici, 2013).

3.3.3 Epilepsija

Još od 1920. godine, ketogena se dijeta uspješno koristi za liječenje akutnih epileptičnih napadaja. Pronalaskom određenih lijekova, interes za liječenje epilepsije ketogenom dijetom je pao do 90-ih godina kada se nizom istraživanja i kliničkih ispitivanja dokazuje njena praktična primjena. Razne su studije provedene s ciljem shvaćanja djelovanja ketogene dijete, no on je i dan danas ostao najvećim dijelom nepoznat.

2008. godine Hartman i suradnici su dokazali utjecaj ketogene dijete na epileptične napadaje kod miševa, no istaknuli su da zaštita od napadaja nije povezana s razinom ketogenih tijela u krvi. Većina znastvenika smatra da ketogena dijeta ativira metaboličke

mehanizme koji utječu na aktivnost neurotransmitera i u tom smjeru provode daljnja istraživanja (Paoli i suradnici, 2013).

Iako su mehanizmi djelovanja još uvijek djelomično nepoznati, ketogena dijeta smatra se prihvaćenim dijelom integralnog pristupa liječenju. Uz dijetu potrebna je i adekvatna terapija lijekovima, no doze lijekova se u tom slučaju uzimaju u manjim količinama čime se smanjuju i štetne nuspojave istih. Učinkovitost ketogene dijete je snažno zagovarana u Cochrane pregledu radova, gdje su sva istraživanja pokazala 30-40% smanjenje epileptičnih napadaja i autori radova su naveli da je utjecaj dijete kod djece jednak onima novih antiepileptičnih lijekova. Glavni nedostatak ketogene dijete je strogo pridržavanje i tolerancija na takvu prehranu, no kada se u obzir uzmu izrazito pozitivni rezultati i nuspojave antiepileptičnih lijekova, cilj u koji je isplativo uložiti znatan trud je razvoj ketogene dijete koja bi bila lakša za pridržavanje (Paoli i suradnici, 2013).

Prema Do Young i Rho (2008), ketogena dijeta dala je pozitivne rezultate u liječenju epilepsije. Radi se o svezi između smanjenja unosa ugljikohidrata, ketonskim tijelima i polinezasićenim masnim kiselinama koji utječu na povećanje staničnog disanja i proizvodnju ATP-a. Nedavna su istraživanja objavila da ketonska tijela mogu prigušiti spontano otpuštanje ATP-osjetljivih kalijevih kanala na neurone središnjeg živčanog sustava.

Sve je više dokaza da ketogena dijeta mijenja temeljnu biokemiju neurona te izaziva zaštitni učinak. Tako ketogena dijeta može na kraju biti korisna u liječenju različitih neuroloških poremećaja (Do Young i Rho, 2008).

3.3.4 Alzheimerova bolest

Istraživanja također pokazuju određena klinička poboljšanja kod oboljelih od Alzheimera koji su bili na ketogenoj dijeti. Navedene pozitivne promjene bile su povezane s poboljšanim mitohondrijskim funkcijama, kao i zaštitnim utjecajima ketogenih tijela naspram štetnog utjecaja β-amiloida.

Istraživanje je provedeno i na miševima te su rezultati također pokazali bolje mitohondrijske funkcije, manji oksidacijski stres i bolje uklanjanje β-amiloida u

slučajevima kada su miševi bili podvrgnuti ketognoj dijeti naspram normalne prehrane. Ovi rezultati pružaju ohrabrenje za daljnja istraživanja koja su nužna za shvaćanja potencijalnih dobrobiti ketogenih dijeta u liječenju kroničnih bolesti (Paoli i suradnici, 2013).

3.3.5 Parkinsonova bolest

Kao i u slučaju Alzheimerove bolesti, utjecaj ketogene dijete na mitohondrijske funkcije moguće je primjeniti i na oboljele od Parkinsonove bolesti. Utjecaj ketogene prehrane na ovu bolest još uvijek nije siguran i uvelike je spekulativan, iako su neka tipična oštećenja poput oštećenja mitohondrijskog respiratornog lanca na životinjskim modelima smanjena primjenom ketogene dijete (Paoli i suradnici, 2013).

3.4 UTJECAJ NA SPOSOBNOSTI

Ketogena dijeta ima mnoge zdravstvene učinke (poglavlje 3.3.), no još uvijek se raspravlja o njenom utjecaju na sport i sportsku izvedbu. S obzirom na prijašnja istraživanja povezana s gubitkom tjelesne mase, neurološkim bolestima i općenito zdravstvenim stanjem, mogu se i u sportu naći pozitivne stavke. Ketogena dijeta ima određene prednosti pred drugim nisko ugljikohidratnim dijetama. Ekstremne dijete s izrazito niskim energetskim unosom, čak i ako se koriste samo par dana, mogu uzrokovati pothranjenost esencijalnim nutrijentima (vitamini, minerali, esencijalne masne kiseline, aminokiseline). Tada se počinju koristiti drugi makronutrijenti kako bi se postigla kontrola u oksidativnim i upalnim procesima. Dovoljne energetske potrebe u ketogenoj dijeti, sa zadovoljavajućom količinom proteina (minimum 1.3–1.5 g kg-1 tjelesne mase) ne smatraju se ekstremnim dijetama, u usporedbi s dijetama sa značajno niskim unosom razina ugljikohidrata (<20 g) (Paoli, Bianco, Grimaldi, 2015).

Tijekom prvih dana, tjedana ili čak i mjeseci faza prilagodbe na ketogenu dijetu i utjecaj na sportaševe sposobnosti može biti jako velik. Fazom prilagodbe, tijelo sportaša prolazi kroz brojne promjene narušavanja stanja organizma.

Prije je u sportu bila popularna prehrana bogata ugljikohidratima što govori i jedno istraživanje provedeno 1939. od strane danskih znanstvenika Christensen i Hansena. Oni su proveli istraživanje u trajanju tjedan dana, o utjecaju nisko, srednje i visoko ugljikohidratne prehrane na trajanje sportske aktivnosti u kojima izdržljivost igra važnu ulogu. Na kraju svake dijete sportaši su na biciklu u zatvorenim uvjetima morali voziti do iscrpljenja kako bi im bila mjerena izdržljivost. Visoko ugljikohidratna prehrana dala je rezultat od 206 minuta, dok nisko ugljikohidratna tek 81 minutu (John, 1994).

No jedno istraživanje pod nazivom „Ketogena dijeta i njezin utjecaj na fizičku izvedbu“ koje je rađeno davne 1878. godine, dokumentiralo je jedno od prvih utjecaja ketogene dijete na izdržljivost. Frederick Gustavus Schwatka bio je namjesnik u SAD-u koji se bavio istraživačkim radom na području Aljaske i Kanade. U jednoj od njegovih ekspedicija sudjelovalo je 18 osoba koji su mjesec dana bili na probnom roku. Dobili su mjesečnu opskrbu hrane (većinom kitova mast) te pribor za lov. Jedina hrana koju konzumirali bila je riba i meso koje su ulovili. U početku se takva prehrana činila nedovoljnom za

organizam te su se pojavljivali znaci umora i nemogućnosti za daljnjim putovanjem. Ali nakon vremena od otprilike dva do tri tjedna taj je osjećaj nestao (Phinney, 2004).

U današnjem sportu i mali broj sportaša se odlučuje baš na tu dijetu. Ponajviše se ona pojavljuje u sportovima izdržljivosti kao što su biciklizam i trčanje na duge staze. Svakodnevna nam prehrana omogućuje dobivanje energije isključivo preko ugljikohidrata koje je tijekom neke duže aktivnosti potrebno stalno obnavljati. To je ono što se nisko ugljikohidratnom prehranom pokušava izbjeći. Zalihe masti su puno veće nego zalihe glukoze (vidi poglavlje 2.2.2) pa nam omogućuju i dugotrajniju aktivnost bez dodatnih unosa.

3.4.1 Izdržljivost

Tijekom godina istraživanja, znanstvenici su se uvijek okretali prema sportovima izdržljivosti kao primjeru sporta u kojemu bi mogli dobiti najviše rezultata. Koristili su razne metode u kojima je variralo i vrijeme, a rezultati koje su dobivali katkad ne bi bili mjerodavni. U daljnjim odlomcima bit će opisani neki primjeri znanstvenih istraživanja iz kojih ćemo zatim izvesti zaključak temeljen na tim rezultatima. Sva provedena istraživanja odnose se na sportove izdržljivosti, gdje je najčešće korištena metoda ergometrijska procjena aerobnog kapaciteta.

U istraživanju poljskih stručnjaka, pod nazivom „The Effects of a Ketogenic Diet on Exercise Metabolism and Physical Performance in Off-Road Cyclists," radilo se na ispitivanju utjecaja dugoročne ketogene dijete na aerobne sposobnosti kod brdskih biciklista. Ispitivani su utjecaji dijete na tjelesnu masu i sastav tijela te razina lipida u tijelu. U istraživanju je sudjelovalo osam muškaraca u dobi od 28.3 ± 3.9 godina, od kojih su se svi bavili brdskim biciklizmom minimalno pet godina do tada. Njihov minimalni VO_2max morao je iznositi 55 mL/kg/min. Svako mjerenje trajalo je po tri dana a njemu su prethodila četiri tjedna od ukupnog trajanja od dva mjeseca ili normalne prehrane ili nisko ugljikohidratne/ketogene prehrane. Svaki od ispitanika sudjelovao je u testu varirajućeg intenziteta u ergometrijskoj procjeni aerobne sposobnosti. Kao što se i očekivalo, dobiveni rezultati pokazali su pozitivne promjene u tjelesnoj masi i sastavu tijela, kao i profilima lipida i lipoproteina pod utjecajem nisko ugljikohidratne prehrane. Jedno od važnijih

saznanja istraživanja bilo je značajno povećanje vrijednosti maksimalnog primitka kisika (VO_2max) te primitka pri laktatnom pragu. Potrošnja kisika u mirovanju bila je znatno niža uključujući i u određenim razinama aktivnosti, a LDL-kolesterol povišen. Zaključak je bio da ketogena dijeta pozitivno utječe na sposobnost kod sportaša u sportovima izdržljivosti, posebice u prednatjecateljskom periodu gdje dominira srednji do viši intenzitet treninga (Zajc i suradnici, 2014).

U tablici 4 prikazane su vrijednosti frekvencije srca (FS), respiratorne izmjene (RER) i primitka kisika (VO_2). Može se primjetiti da su vrijednosti frekvencije srca u početku u istim razinama kod obje skupine sportaša, dok se zatim vrijednosti povećavaju kod sportaša na ketogenoj dijeti što je aktivnost dužeg trajanja, da bi se za vrijeme maksimalnih dosega ta vrijednost počela smanjivati. Što se tiče primitka kisika, u mirovanju i na početku aktivnosti razine su više kod ketogenoj prehrane, a zatim se ta vrijednost počinje spuštati kod maksimalnih dosega.

Tablica 4. Frekvencija srca (FS), respiratorna izmjena (RER) i primitak kisika VO_2 tijekom obične prehrane i ketogene dijete (Zajc i suradnici, 2014, vlastiti prijevod)

varijable	**Odmor**		**10 min**		**45 min**		**90 min**		**Max**	
	Mix	Ket	Mix	Ket	Mix	Ket	Mix	Ket	Mix	Ket
FS	72 ± 5	75 ± 6	150 ± 3	150 ± 3	158 ± 4	161 ± 5	167 ± 5	169 ± 5	187 ± 6	185 ± 6
VO_2	7.20 ± 1.22	9.40 ± 1.41	35.37 ± 3.45	41.25 ± 4.22	37.50 ± 3.64	44.25 ± 4.56	40.87 ± 4.11	44.00 ± 4.41	51.00 ± 4.87	50.00 ± 4.85
RER	0.88 ± 0.04	0.76 ± 0.01	0.86 ± 0.04	0.78 ± 0.02	0.85 ± 0.04	0.79 ± 0.02	0.84 ± 0.03	0.79 ± 0.02	0.97 ± 0.05	0.94 ± 0.05

U sljedećoj su tablici (tablica 5) prikazane razine inzulina (Inz), glukoze (Glu), kreatin kinaze (KK) te kortizola (Kor). Vrijednosti inzulina, glukoze i kreatin kinaze su smanjene zbog smanjenog unosa ugljikohidrata u ketogenoj dijeti. Povećane vrijednosti možemo uočiti tek u zadnja dva reda u kojima se nalaze hormoni testosteron (T) i kortizol. U oba

slučaja, hormoni se povećavaju usporedno sa povećanjem opterećenja aktivnosti. Obje tablice odnose se na istraživanje koje je prethodno opisano.

Tablica 5. Prikaz vrijednosti biokemijskih sastavnica: inzulina (Inz), glukoze (Glu), kreatin kinaze (KK), testosterona (T) i kortizola (Kor), nakon dugotrajne aktivnosti s obzirom na raznovrsnu prehranu i ketogenu prehranu (Zajc i suradnici, 2014, vlastiti prijevod)

varijable	**Odmor**		**45 min**		**90 min**		**Max**	
	Mix	Ket	Mix	Ket	Mix	Ket	Mix	Ket
Inz (U/L)	19.21 ± 0.81	9.87 ± 0.45	6.02 ± 0.31	4.25 ± 0.22	5.45 ± 0.25	4.97 ± 0.29	9.89 ± 0.45	5.63 ± 0.29
Glu (mg/dL)	91.26 ± 4.11	91.32 ± 4.13	106.11 ± 4.98	98.61 ± 4.22	89.78 ± 4.01	90.04 ± 4.07	121.67 ± 5.14	119.41 ± 5.08
KK (U/L)	126.32 ± 10.22	119.45 ± 9.74	158.12 ± 11.21	129.11 ± 10.31	160.76 ± 13.24	139.34 ± 10.58	178.12 ± 15.45	140.07 ± 12.51
T (ng/L)	6.12 ± 0.4	5.86 ± 0.3	8.78 ± 0.6	7.21 ± 0.5	9.38 ± 0.7	8.08 ± 0.6	7.91 ± 0.5	8.14 ± 0.6
Kor (nmol/L)	649 ± 62	553 ± 49	389 ± 29	435 ± 33	495 ± 38	579 ± 51	650 ± 62	676 ± 65

Istraživanje pod nazivom „Nutritional Ketosis Alters Fuel Preference and Thereby Endurance Performance in Athletes“ provedeno 2016. godine uključivalo je čak pet studija u kojih je sudjelovalo trideset i devet profesionalnih sportaša. Namjera im je bila istražiti biokemijske prednosti ketoze koristeći prehranu baziranu na esterima ketona koja je nusprodukt ograničenog unosa ugljikohidrata u organizam ili unosa hrane općenito. U svojim rezultatima pokazali su kako stanje ketoze poboljšava izdržljivost sportaša. Ona je omogućila sniženje glukoze u mišićima te koncentracije laktata u plazmi, a omogućila je alternativnu zamjenu za oksidativnu fosforilaciju. Također je utjecala na povećanje oksidacije triglicerida tijekom aktivnosti. Ta su im saznanja pomogla u boljem razumijevanju dobivanja energije s ciljem postizanja boljih sportskih rezultata (Cox i suradnici, 2016).

Whitley i suradnici 1998. godine proveli su istraživanje pod nazivom „Metabolic and performance responses during endurance exercise after high-fat and high-carbohydrate meals.“ U tom istraživanju, mjerili su kako sastav obroka prije vježbanja utječe na metaboličke i varijable učinkovitosti tijekom izvođenja vježbi izdržljivosti. Za potrebe istraživanja, provedeno je ispitivanje na osam dobro pripremljenih biciklista uz ponavljanje od tri puta. Biciklistima su dani izoenergetski obroci koji sadrže ugljikohidrate (UH), proteine (P), i masti (M) u sljedećim količinama (g / 70 kg tjelesne težine):

1. Obrok s visokim udjelom ugljikohidrata, 215g UH, 26g P, 3g M;
2. Obrok s visokim udjelom masti, 50g UH, 14g P, 80g M
3. Treće ponavljanje ispitivanja izvedeno je natašte.

Četiri sata nakon konzumacije obroka, ispitanici su započeli s treningom od 90 min na 70% maksimalnog aerobnog kapaciteta, VO_2maks.

U sva tri pokusa, u prvih 15 min bilo je značajno smanjenje koncentracije glukoze u krvi. Oksidacija masti prije treninga bila je povećana kod osoba koje su konzumirale obrok bogat mastima te kod osoba koje su trenirale na tašte. Uz to došlo je i do povećanja koncentracije inzulina i hormona rasta u plazmi za vrijeme vježbanja. Unatoč velikim razlikama u koncentracijama hormona u plazmi, oksidacija u razdoblju izvođenja 90 minutne vožnje bila je slična u sva tri pokusa te nije bilo razlike ni u sposobnostima. U prvih 15 min, kod sve tri skupine, potrošnja energije bila je značajno povećana te se zatim smanjivala da bi ostala stabilna do kraja treninga.

Ovi rezultati pokazuju da, iako se dostupnost masnih kiselina i drugih supstrata u plazmi može znatno mijenjati prehrambenim sredstvima, trend oksidacije supstrata tijekom vježbi izdržljivosti je izuzetno otporan na promjene (Whitley i suradnici, 1998).

U istraživanju Voleka i suradnika (2015) pod nazivom „Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners“ su uspoređivane dvije skupine sportaša, od kojih su jedni bili na dijeti s niskim razinama ugljikohidrata (omjer ugljikohidrati:proteini:masti = 10:19:70), dok su drugi bili na dijeti s visokim razinama ugljikohidrata (omjer ugljikohidrati:proteini:masti = 59:14:25). Sportaši su se navedenih dijeta prethodno istraživanju pridržavali između 9 i 36 mjeseci.

Prilikom izbora sudionika, sportaši su pažljivo birani prema dobi, fizičkim karakteristikama te natjecateljskim rezultatima. Ciljano su odabirani muški sportaši u dobi

od 21 do 45 godina, po deset sportaša iz svake skupine dijete. Trkači su također morali biti u top 10% finalista na utrkama preko 50km i/ili triatlonima s barem pola ironman udaljenosti. U sljedećem prikazu (tablica 6) mogu se uočiti razlike kod nisko i visoko ugljikohidratne prehrane.

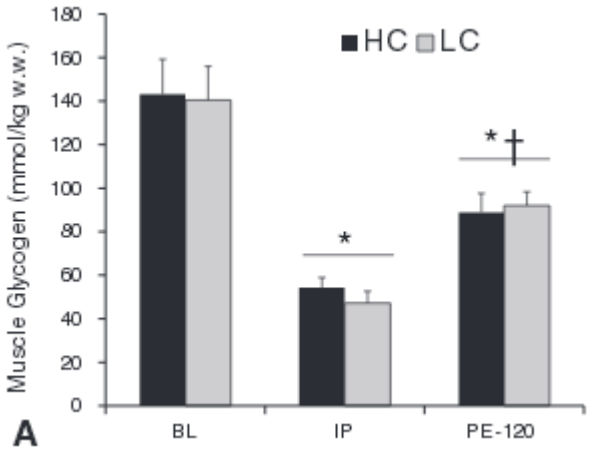
Tablica 6. Prehrambene karakteristike sportaša sudionika u istraživanju (Volek i suradnici, 2015, vlastiti prijevod)

	Visoko ugljikohidratna dijeta n = 10 aritmetička sredina ± SD	Nisko ugljikohidratna dijeta n = 10 aritmetička sredina ± SD
Energija, kcal	3173 ± 611	2884 ± 814
Proteini, g	118 ± 38	139 ± 32
Proteini, g/kg	14.4 ± 3.5	19.4 ± 2.4
Proteini, %	1.7 ± 0.4	2.1 ± 0.6
Ugljikohidrati, g	486 ± 128	82 ± 62
Ugljikohidrati, %	59.1 ± 10.2	10.4 ± 4.9
Masti, g	91 ± 31	226 ± 66
Masti, %	25.0 ± 7.4	69.5 ± 6.0
Zasićene masti, g	21 ± 10	86 ± 22
Mononezasićene masti, g	29 ± 14	82 ± 42
Polinezasićene masti, g	18 ± 9	28 ± 17
Alkohol, %	1.6 ± 2.4	0.7 ± 1.4
Kolesterol, mg	251 ± 249	844 ± 315
Vlakna, g	57 ± 27	23 ± 17
Određeno na temelju trodnevnog praćenja prehrane.		

Ispitivanja su se na sportašima provodila u dva dana, prvi dan je napravljen test procjene aerobnog kapaciteta, dok je drugi dan na rasporedu bilo trčanje na traci u trajanju od tri sata i pri opterećenju od 64% maksimalnog primitka kisika (VO_2maks) kako bi se odredile metaboličke reakcije prije, za vrijeme i nakon vježbe.

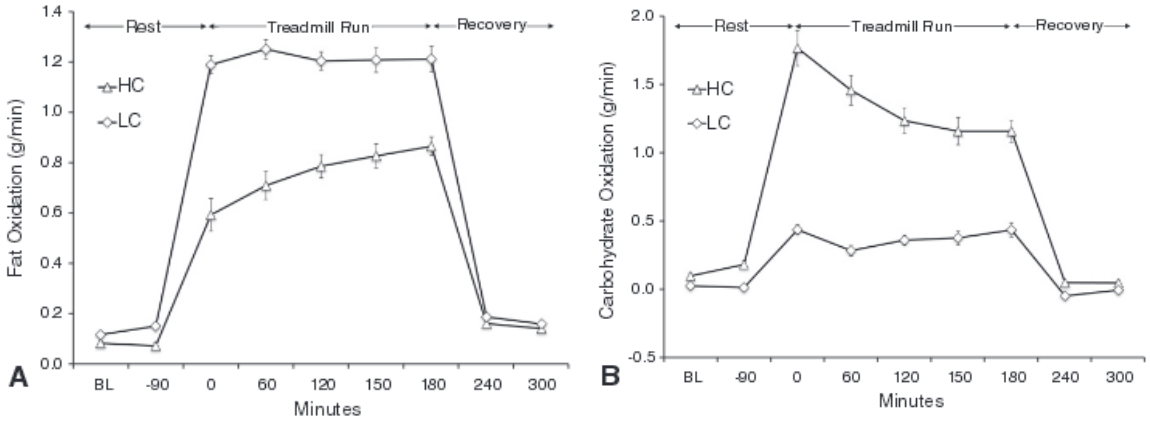
Rezultati su pokazali da je oksidacija masnih kiselina 2,3 puta veća kod sportaša koji su bili na prehrani s niskim razinama ugljikohidrata (1,54 ± 0,18 u usporedbi s 0,67 ± 0,14 g/min). Uz to imali su i veći maksimalni primitak kisika u odnosu na sportaše koji su imali prehranu bogatu ugljikohidratima (70,3 ± 6,3 u usporedbi s 54,9 ± 7,8%). No unatoč

razlikama što se energija kod sportaša koji su na dijeti s niskim razinama ugljikohidrata u većem omjeru dobiva iz masti (88 ± 2 u usporedbi s 56 ± 8%) za drugu skupinu sportaša, nije bilo značajnih razlika u razini glikogena u mišićima za vrijeme oporavka, niti njegove potrošnje tijekom 180 minuta trčanja na 64% maksimalnog primitka kisika i 120 minuta oporavka na 36% maksimalnog primitka kisika.



Slika 2. Prikaz rezultata udjela glikogena u mišićima, HC – visoko ugljikohidratna dijeta, LC – nisko ugljikohidratna dijeta, BL – prije opterećenja, IP – odmah nakon prekida aktivnosti, PE – 120 minuta nakon opterećenja (Volek i suradnici, 2015, vlastiti prijevod)

Iz svega se zaključuje kako elitni trkači na duge dionice koji su dugotrajno konzumirali ketogenu dijetu imaju izrazito visoke razine potrošnje energije iz masti za razliku od onih koji su na dijeti bogatoj ugljikohidratima (slika 3). Osim toga, nema nekih zamjetnih razlika u iskorištavanju i obnovi razina glikogena tijekom i poslije treninga (Volek i suradnici, 2015).

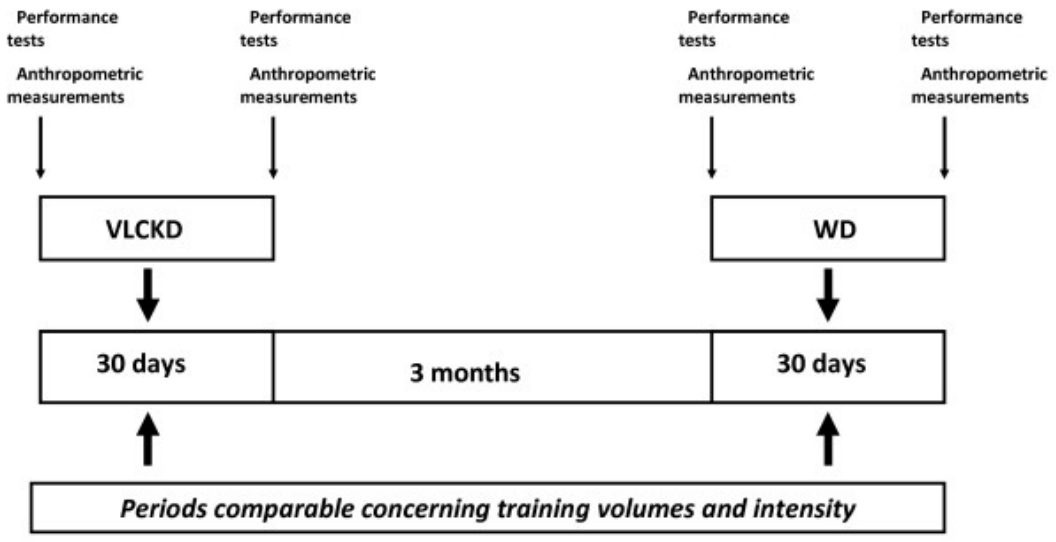


Slika 3. Prikaz rezultata oksidacije iz masti odnosno ugljikohidrata za LC i HC dijetu (Volek i suradnici, 2015)

3.4.2 Utjecaj na ostale sposobnosti

U studiji pod nazivom „Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts“ (Paoli i suradnici, 2012) istraživan je utjecaj ketogene dijete s vrlo niskim razinama ugljikohidrata (VLCKD) na eksplozivne vježbe snage umjetničkih gimnastičara, jer unatoč sve većem korištenju ketogenih dijeta u kontroli težine i regulaciji metaboličkog sindroma, još uvijek postoji mali broj istraživanja o učincima takve dijete na izvedbu koja zahtijeva eksplozivnu snagu sportaša.

U istraživanju je sudjelovalo 8 sportaša, redom elitnih umjetničkih gimnastičara u dobi od 20,9 ± 5,5 godina. Svim je sportašima analiziran sastav tijela te su testirane različite sposobnosti ili aspekti u različitim zadacima (viseće podizanje nogu, propadanja, propadanja na paralelnim ručama, zgibovi, čučanj skok, 30 sekundi kontinuirano skokova). Ispitivanja sposobnosti sportaša izvođena su kao što je prikazano na slici 4, prije početka i 30 dana nakon korištenja ketogene dijete.



Slika 4. Eksperimentalna postava istraživanja, VLCKD – nisko ugljikohidratna ketogena dijeta, WD – zapadnjačka prehrana (Paoli i suradnici, 2012)

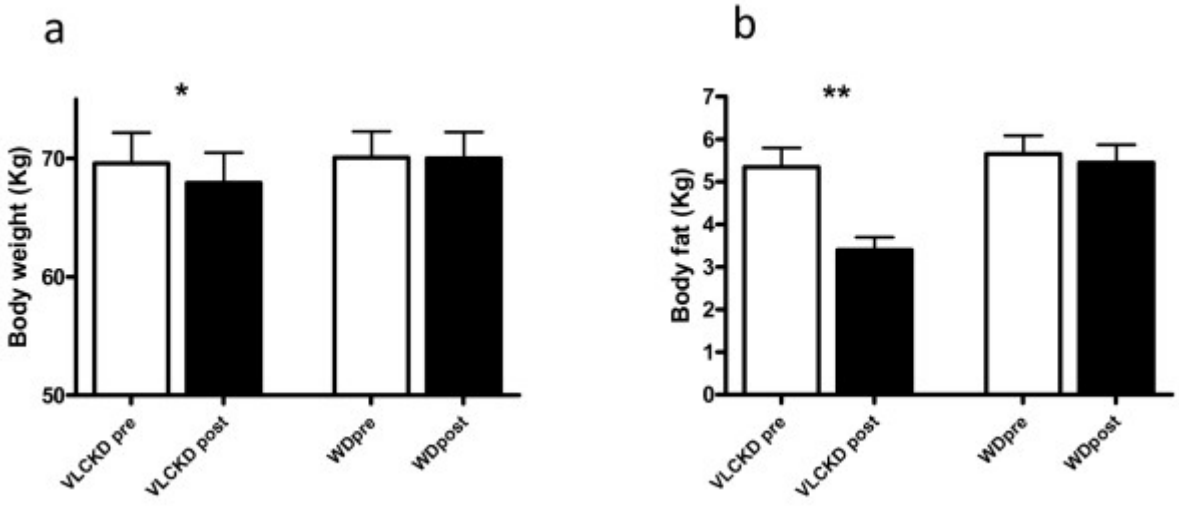
U periodu istraživanja prehrana sudionika se temeljila na zelenom povrću, maslinovom ulju, ribi i mesu, uz jela sastavljena od visoko kvalitetnih proteina i gotovo nula ugljikohidrata te dodatak nekih biljnih ekstrakata. Za vrijeme posebne dijete sportaši prolaze uobičajeni program treninga.

Nakon tri mjeseca sportaši prolaze isti protokol (slika 4), no ovaj puta se ispitivanja provode prije i nakon 30 dana od uobičajene prehrane sportaša (pretežno zapadnjačka prehrana - WD).

Rezultati istraživanja su pokazali da nema značajnih razlika u testovima snage za sportaše koji su bili podvrgnuti dijeti s vrlo niskim razinama ugljikohidrata i onih koji su bili na tipičnoj zapadnjačkoj prehrani. Značajne su razlike ipak zabilježene u tjelesnoj masi i sastavu tijela. Naime nakon korištenja dijete s vrlo niskim razinama ugljikohidrata došlo je do smanjenja tjelesne mase ispitanika (od 69,6 ± 7,3 kg do 68,0 ± 7,5 kg), kao i masnog tkiva (od 5,3 ± 1,3 kg na 3,4 ± 0,8 kg) uz zanemarivo povećanje mišićne mase (slika 5).

Unatoč zabrinutosti trenera i liječnika o mogućim štetnim učincima dijete s niskim razinama ugljikohidrata na sportsku izvedbu, kao i dobro poznatim važnostima ugljikohidrata u prehrani sportaša, ne postoje podaci o negativnim učincima na sposobnosti u testovima snage sportaša na takvoj dijeti. Naprotiv, neporeciv i iznenadni učinak ketogene dijete na gubitak masnoće može biti od velike koristi za sve sportaše koji se natječu u sportovima s klasifikacijama po težini.

Ispitivanjem je prikazano da je korištenjem ketogene dijete s vrlo niskom razinom ugljikohidrata moguće u relativno kratkom vremenskom razdoblju od 30 dana smanjiti tjelesnu težinu i tjelesne masnoće bez negativnih učinaka na izvedbu snage sportaša u elitnim natjecateljskim razinama.



Slika 5. Prikaz rezultata istraživanja za tjelesne težine i udio masnoća ispitanika VLCKDpre – nisko ugljikohidratna ketogena dijeta prije testiranja, VLCKDpost – nisko ugljikohidratna ketogena dijeta poslije testiranja, WDpre – zapadnjačka prehrana prije testiranja, WDpost – zapadnjačka prehrana poslije testiranja (Paoli i suradnici, 2012)

Prikazani dijagrami nam pokazuju tjelesnu težinu tijekom i nakon nisko ugljikohidratne prehrane u odnosu na zapadnjačku prehranu. U drugom dijagramu su pak prikazane vrijednosti masnoća u tijelu te također utjecaj nisko ugljikohidratne i zapadnjačke prehrane (Paoli i suradnici, 2012).

U studiji pod nazivom „Low- and high-carbohydrate weight-loss diets have similar effects on mood but not cognitive performance“ (Halyburton i suradnici, 2007) istraživao se utjecaj nisko ugljikohidratnih dijeta na raspoloženje i kognitivne sposobnosti.

Nisko ugljikohidratne dijete se često spominju u kontekstu gubitka kilograma, no njihov utjecaj na psihološke funkcije je manje istraživan. Angela Halyburton i suradnici (2007) stoga su u istraživanju promatrali utjecaj nisko ugljikohidratnih (LCHF) i visoko ugljikohidratne (HCLF) prehrane na raspoloženje i kognitivne funkcije.

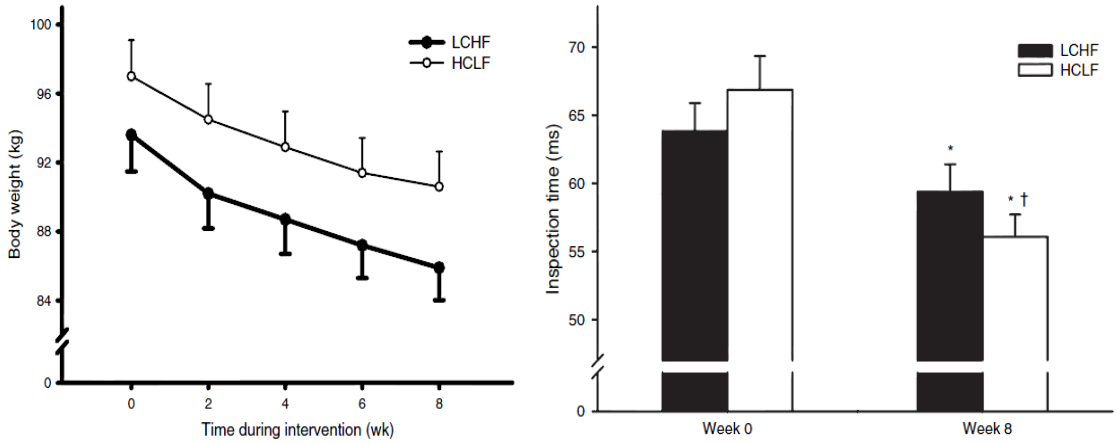
Tablica 7. Prikaz dnevnog unosa nutrijenata prema grupama sudionika u istraživanju, nisko ugljikohidratne prehrane (LCHF) i visoko ugljikohidratne prehrane (HCLF) (Halyburton i suradnici, 2007, vlastiti prijevod)

Nutrijenti	**LCHF dijeta (n = 48)**	**HCLF dijeta (n = 45)**
Energija (kJ)	6640.6 ± 98.2	6471.8 ± 107.3
Ugljikohidrati (% od energije)	5.0 ± 0.1	46.7 ± 0.5[2]
Proteini (% od energije)	35.1 ± 0.3	24.0 ± 0.32[2]
Masti (% od energije)	58.4 ± 0.4	27.8 ± 0.52[2]
Zasićene masti (% od energije)	20.9 ± 0.3	5.9 ± 0.1[2]
Mononezasićene masti (% od energije)	25.2 ± 0.3	12.3 ± 0.3[2]
Polinezasićene masti (% od energije)	7.9 ± 0.1	6.9 ± 0.1[2]

U istraživanju su sudjelovale 93 osobe s prekomjernom težinom i pretilosti, starosti 50,2 ± 0,8 godina. Indeks tjelesne mase ispitanika iznosio je 33,6 ± 0,4 kg/m2. Sudionici istraživanja su nasumično raspoređeni u dvije grupe s osmotjednim planom prehrane, nisko ugljikohidratni ili visoko ugljikohidratni, s ograničenim unosom energije tako da je svaki od ispitanika bio u energetskom deficitu od 30%. Psihološke promjene, kao i one u težini ispitanika praćene su svaka dva tjedna. Test kognitivnih sposobnosti (memorija i brzina procesuiranja), rađen je na početku istraživanja te po završetku osmog tjedna.

Rezultati istraživanja pokazali su da su ispitanici koji su bili na LCHF dijeti u prosjeku gubili više kilograma od onih na HCLF dijeti (7,8 ± 0,4 kg kod LCHF naspram 6,4 ± 0,4 kg kod HCLF dijete).

U obje grupe ispitanika zabilježen je napredak u psihološkom pogledu, s time da je najveći napredak ostvaren u prva dva tjedna testiranja, ali nije bilo značajnih razlika između grupa. Također nije bilo značajnih razlika u memorijskim sposobnostima ispitanika između grupa, no za vrijeme procesuiranja je bilo primjetno smanjenje kod ispitanika koji su bili na HCLF dijeti u usporedbi s grupom na LCHF dijeti.



Slika 6. Prikaz rezultata istraživanja utjecaja dijete na težinu i vrijeme procesuiranja (Halyburton i suradnici, 2007)

Izvedeni zaključak istraživanja bio je da iako obje dijete pozitivno utječu na smanjenje težine i poboljšanje raspoloženja kod ispitanika, sudionici koji su konzumirali LCHF dijetu imali su i mala poboljšanja u kognitivnim sposobnostima s naglaskom na vrijeme procesuiranja, no potrebna su dodatna istraživanja (Halyburton i suradnici, 2007).

4 ZAKLJUČAK

O spoju sporta i prehrane uvijek ćemo moći pisati nova saznanja. Nove tehnologije i istraživanja omogućit će nam daljnje napredovanje u tom području. U ovome radu predstavljena je tema ketogene dijete i njezin utjecaj na sportaše i njihove sportske izvedbe. Bilo je važno dokučiti utječe li dijeta pozitivno ili negativno na sportaše s obzirom da oni treniraju i nerijetko pomiču granice izdržljivosti posebice tijekom pripremnog perioda i perioda natjecanja. U rezultate su ulazile razne podvrste nisko ugljikohidratnih prehrana gdje je bilo značajno da je unos ugljikohidrata smanjen na minimum pa se zatim taj dio zamjenjivao s mastima.

Dobivenim rezultatima mnogih studija možemo zaključiti kako ketogena dijeta ne pristaje svakome i da ovisi od organizma pojedinca. Iako su provedena brojna istraživanja i dalje se ne može sa sigurnošću govoriti o pozitivnom utjecaju ketogene dijete.

Postoje još brojne kontroverze. Treba uzeti u obzir da su mnoga istraživanja rađena u vrlo kratkom periodu kada još ne može nastupiti stanje ketoze što dovodi do problema jer navodi na krivi smjer. U drugim pak istraživanjima dugoročnog tipa, dobiveni su mjerodavni rezultati koji pozitivno ili neutralno govore o spoju ketogene dijete i sporta. Većina je studija provedena u sportovima izdržljivosti. Možemo zaključiti da ketogena dijeta ne utječe negativno na sportsku izvedbu sportaša. Ona naime najveći utjecaj ima u smanjenju tjelesne mase i masti u tijelu što kod nekih težinskih sportova može igrati važnu ulogu.

O utjecaju ketogene dijete na organizam potrebno je provesti još mnogo istraživanja, kako u zdravstvene svrhe, tako i u svrhu sporta.

5 LITERATURA

Bender D. V., Krstev S. (2008). Makronutrijenti i mikronutrijenti u prehrani čovjeka, *Medicus časopis*, 17 (1), Nutricionizam, s mreže preuzeto 7. rujna 2016. s adrese: http://hrcak.srce.hr/37974.

Bilsborough S., Mann N. (2006). A review of issues of dietary protein intake in humans, *International Journal of Sports Nutrition and Excercise Metabolism*, 16(2):129-52., s mreže preuzeto: 12. rujna 2016. s adrese: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16779921.

Burke L. M., Cox G. R., Cummings N.K., Desbrow B. (2001). Guidelines for Daily Carbohydrate Intake, *Sport Medicine*, 31 (4), pp 267–299, doi:10.2165/00007256-200131040-00003, s mreže preuzeto 17. rujna 2016 s adrese: http://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200131040-00003.

Burke L. M. (2015). Re-Examining High-Fat Diets for Sports Performance: Did We Call the 'Nail in the Coffin' Too Soon?, *Sport Medicine*, 5 (1): 33–49, doi: 10.1007/s40279-015-0393-9, s mreže preuzeto 9. rujna 2016 s adrese: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4672014/.

Centar za sportsku ishranu i suplementaciju (2011-2015). Makronutrijenti ugljeni hidrati, masti i proteini, s mreže preuzeto 3. rujna 2016 s adrese:

http://www.cis.edu.rs/ishrana/makronutrijenti/.

Clark, N.: Nancy Clark's Sports Nutrition Guidebook, (2000). Champaign: Human Kinetics.

Cox P. J., Kirk T., Ashmore T., Willerton K., Evans R., Smith A., Murray A. J., Stubbs B., West J., McLure S. W., King M. T., Dodd M. S., Holloway C., Neubauer S., Drawer S., Veech R. L., Griffin J. L., Clarke K. (2016). Nutritional Ketosis Alters Fuel Preference and Thereby Endurance Performance in Athletes, *Cell Metabolism*, 24 (2), p256–268, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.cmet.2016.07.010, s mreže preuzeto 8. rujna 2016. s adrese: http://www.cell.com/cell-metabolism/pdf/S1550-4131(16)30355-2.pdf.

Donath R., Schuler K. P. (1977). *Ishrana sportista*, Beograd: Sportska knjiga

Do Young K., Rho J. M., (2008). The ketogenic diet and epilepsy, *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care,* 11 (2) - p 113–120, doi: 10.1097/MCO.0b013e3282f44c06, s mreže

preuzeto 17. rujna 2016 s adrese: http://journals.lww.com/co-clinicalnutrition/Abstract/2008/03000/The_ketogenic_diet_and_epilepsy.6.aspx.

Garcia R., Terrados N., Fernandez S., Patterson A. M. (2000). Comparison of dietary intake and eating behavior of professional road cyclist during training and competition, *International Journal of Sports Nutrition and Excercise Metabolism*, 10, 82-98, PMID:10939878, s mreže preuzeto 31. kolovoza 2016. s adrese: http://www.humankinetics.com/acucustom/sitename/Documents/DocumentItem/747.pdf.

Guyton A. C., Hall J. E. (2003). *Medicinska fiziologija*, Zagreb: Medicinska naklada.

Halyburton A. K., Brinkworth G. D, Wilson C. J., Noakes M., Buckley J. D., Keogh J. B., Clifton P. M. (2007). Low- and high-carbohydrate weight-loss diets have similar effects on mood but not cognitive performance, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86 (3) 580-587, s mreže preuzeto 4. rujna 2016 s adrese: http://ajcn.nutrition.org/content/86/3/580.long.

Isacco L., Duché P., Boisseau N., (2012). Influence of hormonal status on substrate utilization at rest and during exercise in the female population, *Sports Medicine*, 42(4):327-42. doi: 10.2165/11598900-000000000-00000., s mreže preuzeto 12. rujna 2016. s adrese: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22380007.

John L. I. (1994). Carbohydrate Supplements During and Immediately Post Exercise, *Institute of Medicine (US) Committee on Military Nutrition Research*, DOI: 10.17226/9071, skinuto s mreže 4. rujna 2016 s adrese: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK231134/.

Knuiman P., Hopman T. E., Mensink M., (2015). Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise, *Nutrition Metabolism*, 12: 59. doi: 10.1186/s12986-015-0055-9, s mreže preuzeto 11. kolovoza 2016 s adrese: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4687103/.

Kreider R. B., Wilborn C. D., Taylor L., Campbell B., Almada A. L., Collins R., Cooke M., Earnest C. P., Greenwood M., Kalman D. S., Kerksick C. M, Kleiner S. M., Leutholtz B., Lopez H., Lowery L. M., Mendel R., Smith A., Spano M., Wildman R., Willoughby D. S., Ziegenfuss T. N., Antonio J. (2010). ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations, *Journal of the International Society of Sports Nutrition,* 7 (7), DOI: 10.1186/1550-2783-7-7, s mreže preuzeto 17.rujna 2016 s adrese: https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/1550-2783-7-7.

Meckling K. A., Sullivan C. O., Saari D. (2003). Comparison of a Low-Fat Diet to a Low-Carbohydrate Diet on Weight Loss, Body Composition, and Risk Factors for Diabetes and Cardiovascular Disease in Free-Living, Overweight Men and Women, *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, DOI: http://dx.doi.org/10.1210/jc.2003-031606, s mreže preuzeto 17. rujna 2016 s adrese: http://press.endocrine.org/doi/full/10.1210/jc.2003-031606.

Michael Phelps Fansite (2016). *Michael Phelps Diet*, s mreže preuzeto 31. kolovoza 2016 s adrese: http://www.michaelphelps.net/michael-phelps-diet/.

Milanović D. (2013). *Teorija treninga*, Zagreb: Kineziološki fakultet.

Mišigoj-Duraković M. (2008). *Kinantropologija*, Zagreb: Kineziološki fakultet.

Nicholas C. W. , Green P. A. , Hawkins R. D. , Williams C. (1997). Carbohydrate intake and recovery of intermittent running capacity, *International Journal of Sport Nutrition*, 7(4):251-260, PMID:9407252, s mreže preuzeto 2. rujna 2016. s adrese: http://europepmc.org/abstract/med/9407252.

Paoli A., Grimaldi, K., D'Agostino D., Cenci L., Moro T., Bianco, A., Palma, A., (2012). Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts, *Journal of the International, Society of Sports Nutrition*, 9:34, DOI: 10.1186/1550-2783-9-34 s mreže preuzeto 9. rujna 2016. s adrese: https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/1550-2783-9-34.

Paoli A., Rubini A., Volek J. S., Grimaldi K. A. (2013). Beyond weight loss: a review of the therapeutic uses of very-low-carbohydrate (ketogenic) diets, *European Journal of Clinical Nutrition*, 67,789–796, doi:10.1038/ejcn.2013.11, s mreže preuzeto 9. rujna 2016 s adrese: http://www.nature.com/ejcn/journal/v67/n8/full/ejcn2013116a.html.

Paoli A., Bianco A., Grimaldi K. A., (2015). The Ketogenic Diet and Sport: A Possible Marriage?, *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 43 (3) - p 153–162, doi: 10.1249/JES.0000000000000050, s mreže preuzeto 4. rujna 2016 s adrese: http://journals.lww.com/acsm-essr/Fulltext/2015/07000/The_Ketogenic_Diet_and_Sport___A_Possible.8.aspx.

Phillips S. M., Van Loon L. J., (2011). Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation, *Journal Sports Science*; 29 Suppl 1:S29-38. doi: 10.1080/02640414.2011.619204., s mreže preuzeto 9. rujna 2016 s adrese: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22150425.

Phinney S. D. (2004). Ketogenic diets and physical performance, *Nutrition Metabolism*, 1 (2), doi: 10.1186/1743-7075-1-2, s mreže preuzeto 22. kolovoza 2016 s adrese: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC524027/

Sekulić D. (2000). *Prehrana*, dijelovi iz predavanja, Fakultet prirodoslovno matematičkih znanosti i kineziologije, Sveučilište u Splitu, s mreže preuzeto 6. rujna 2016. s adrese: http://www.kifst.hr/~dado/index_files/P1.pdf .

Shirreffs S. M. (2009). Hydration in sport and exercise: water, sports drinks and other drinks, *Nutrition Bulletin*, 34 (4), DOI: 10.1111/j.1467-3010.2009.01790.x, s mreže preuzeto 17. rujna 2016 s adrese: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-3010.2009.01790.x/full.

Šatalić Z., Sorić M., Mišigoj-Duraković M. (2015). *Sportska prehrana*, Zagreb: Znanje.

The Nature of Things, Andre De Grasse vs. 1936 Olympic Champ Jesse Owens | | CBC intervju (2016). s mreže preuzeto 30. kolovoza 2016. S adrese: https://www.youtube.com/watch?v=jas9ff0hdFI.

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):309-19., PMID:14769489, DOI:10.1016/j.plefa.2003.09.007, s mreže preuzeto 22. kolovoza 2016 s adrese: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14769489.

Volek J. S., Freidenreich D. J., Saenz C., Kunces L. J. Creighto B. C., Bartley J. M., Davitt P. M., Colleen X., Anderson J. M., Maresh C. M., Lee E. C., Schuenke M. D., Aerni G., Kraemer W. J., Phinney S. D. (2015). Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners, *Elsevier*, 65 (3), Pages 100–110, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.metabol.2015.10.028, s mreže preuzeto 9. rujna 2016. s adrese: http://www.metabolismjournal.com/article/S0026-0495(15)00334-0/pdf.

WebMEed, Diabetes Health Center (2014). What Is Ketosis?, s mreže preuzeto 27. kolovoza 2016 s adrese: http://www.webmd.com/diabetes/type-1-diabetes-guide/what-is-ketosis.

Welsh, R. S., Davis, J. M., Burke, J. R., Williams, H. G. (2002). Carbohydrates and physical/mental performance during intermittent exercise to fatigue, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (4), 723-731., PMID: 11932585, s mreže preuzeto 7. rujna 2016. s adrese: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11932585.

Whitley H. A., Humphreys S. M., Campbell I. T., Keegan M. A., Jayanetti T. D., Sperry D. A., MacLaren D. P., Reilly T., Frayn K. N. (1998). Metabolic and performance responses during endurance exercise after high-fat and high-carbohydrate meals, *Journal of Applied Physiology*, 85 (2), 418-424, s mreže preuzeto 7. rujna 2016. s adrese: http://jap.physiology.org/content/85/2/418.long.

World Tennis (2015). *A Closer Look at the Optimum Diets for Tennis Players Ahead of Wimbledon*, s mreže preuzeto 3. rujna 2016 s adrese: http://www.worldtennismagazine.com/archives/12018.

Zajac A., Poprzecki S., Maszczyk A., Czuba M., Michalczyk M., Zydek G. (2014). The Effects of a Ketogenic Diet on Exercise Metabolism and Physical Performance in Off-Road Cyclists, *Nutrients*, 6 (7): 2493–2508., PMCID: PMC4113752, doi: 10.3390/nu6072493, s mreže preuzeto 9. rujna 2016. s adrese: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4113752/.