

Autofagija, kako utječe na performanse u kondicijskoj pripremi sportaša

Sarić, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:793804>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-27**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

AUTOFAGIJA I KAKO UTJEČE NA
PERFORMANSE U KONDICIJSKOJ PRIPREMI
SPORTAŠA

(ZAVRŠNI RAD)

Student:

Josip Sarić

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Mario Tomljanović

Split 2024

SVEUČILIŠTE U SPLITU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

AUTOFAGIJA I KAKO UTJEČE NA
PERFORMANSE U KONDICIJSKOJ PRIPREMI
SPORTAŠA

(ZAVRŠNI RAD)

Student:

Josip Sarić

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Mario Tomljanović

Split 2024

SAŽETAK

Ovaj rad istražuje ulogu autofagije i povremenog posta u kondicijskoj pripremi sportaša, naglašavajući kako ovi procesi utječu na sportske performanse, oporavak mišića i opće zdravstveno stanje. Autofagija, kao esencijalni biološki proces, omogućava stanicu učinkovitije upravljanje i recikliranje staničnog otpada i oštećenih komponenti. Ovaj mehanizam je posebno koristan tijekom intenzivnih treninga, kada se povećava potreba za uklanjanjem oštećenih proteina i organela koje mogu negativno utjecati na staničnu funkciju i mišićnu učinkovitost.

Povremeni post, s druge strane, djeluje kao poticaj za aktivaciju autofagije. Kroz ciklične periode ograničenog unosa hrane, tijelo se potiče da poveća efikasnost u korištenju raspoloživih energetske resursa, što može dovesti do poboljšanja u energetskej efikasnosti i smanjenja oksidativnog stresa. Takvi učinci su iznimno važni za sportaše jer mogu direktno utjecati na njihovu sposobnost izvođenja intenzivnih aktivnosti te smanjiti vremenski period potreban za oporavak između treninga.

U radu se također razmatraju mehanizmi kojima autofagija i povremeni post interagiraju s tjelesnim funkcijama, istražujući kako ovi procesi mogu optimizirati metaboličke puteve koji su ključni za visokoučinkovite sportske aktivnosti. Detaljno se analiziraju prednosti koje ove prakse pružaju sportašima, kao što su poboljšana adaptacija na fizičke napore, povećana otpornost na stres i ubrzani oporavak. S druge strane, istražuje se i potencijalne rizike, uključujući mogućnost nedovoljnog unosa esencijalnih nutrijenata i moguće negativne učinke na imunost sustav ako se povremeni post ne provodi pažljivo i pod stručnim nadzorom.

Završni dio rada nudi strategije za učinkovito uključivanje autofagije i povremenog posta u dnevne režime treninga i prehrane sportaša. Prijedlozi uključuju prilagodbe prehranbenih i trening planova koji podržavaju ove biološke procese, uzimajući u obzir individualne potrebe i ciljeve sportaša. Cilj je osigurati da sportaši mogu maksimalno iskoristiti potencijalne prednosti autofagije i povremenog posta, dok minimiziraju rizike i potencijalne negativne učinke.

Ključne riječi:

autofagija, povremeni post, kondicijska priprema, sportske performanse, oporavak mišića

SADRŽAJ

SAŽETAK

1. UVOD	1
2. OSNOVE AUTOFAGIJE	4
2.1. Definicija i mehanizmi autofagije	4
2.2. Fiziološka uloga autofagije u ljudskom tijelu	7
2.3. Autofagija i njezin utjecaj na zdravlje stanica i tkiva	9
3. PRINCIPI I PRAKSE POVREMENOG POSTA	13
3.1. Definicija i različiti pristupi povremenom postu	13
3.2. Biološki učinci povremenog posta na tijelo	17
3.3. Povremeni post u kontekstu prehrane sportaša	19
4. AUTOFAGIJA I POVREMENI POST U SPORTU	22
4.1. Pregled dosadašnjih istraživanja o utjecaju na performanse sportaša	22
4.2. Kako povremeni post može poticati autofagiju u kontekstu fizičke aktivnosti	24
4.3. Prednosti i mogući rizici primjene povremenog posta za sportaše	26
5. PRAKTIČNA PRIMJENA U KONDICIJSKOJ PRIPREMI	29
5.1. Strategije implementacije povremenog posta u treninge i prehranu sportaša	29
5.2. Slučajevi korištenja povremenog posta i autofagije u različitim sportovima	31
5.3. Preporuke za balansiranje prehrane, treninga i oporavka	34
6. ZAKLJUČAK	38

1.UVOD

Autofagija, fundamentalni biološki proces koji stanice koriste za održavanje svoje unutarnje ravnoteže i učinkovitosti, postaje sve više prepoznat ne samo kao ključ za održavanje zdravlja na molekularnoj razini, već i kao potencijalni pokretač poboljšanja sportskih performansi. Ovaj proces omogućuje stanicama da razgradnju oštećene i suvišne komponente, čime se sprječava akumulacija toksičnih materijala i podržava obnova staničnih resursa.

U sportskoj znanosti, sve veći interes postoji za kako autofagija može pridonijeti boljoj izdržljivosti, bržem oporavku i općenito poboljšanim performansama sportaša. Razumijevanje mehanizama autofagije može sportašima i njihovim kondicijskim trenerima pružiti vrijedne uvide u to kako planirati treninge koji potiču ovaj proces na koristan način. Na primjer, istraživanja su pokazala da intenzivni treninzi mogu inducirati autofagiju na način koji pomaže u bržem oporavku mišića i smanjenju upalnih odgovora koji su česti nakon teških fizičkih napora. Također, autofagija ima ključnu ulogu u regulaciji energetskeg statusa stanica, što je od vitalnog značaja tijekom dugotrajnih ili posebno zahtjevnih treninga.

Iako postoje mnoge studije koje ističu koristi autofagije za opću populaciju, specifični učinci na sportaše i primjena u kondicijskoj pripremi još uvijek su relativno nedovoljno istraženi. Glavni problem koji se istražuje u ovom radu odnosi se na to kako autofagija i povremeni post mogu utjecati na tjelesne i metaboličke funkcije sportaša.

Postoji značajan interes za utvrđivanje specifičnih protokola povremenog posta koji bi mogli optimizirati indukciju autofagije, s ciljem poboljšanja performansi, povećanja izdržljivosti i smanjenja vremena potrebnog za oporavak.

Pitanje je također kako različite strategije povremenog posta utječu na metaboličke procese u sportaša različitih disciplina, što bi moglo pružiti dublji uvid u to kako najbolje iskoristiti ovaj pristup prehrani.

Ovo istraživačko područje nudi velike mogućnosti za razvoj novih kondicijskih strategija koje bi bile temeljene na čvrstim znanstvenim principima autofagije i njene primjene u sportu. S obzirom na to da je sportska kondicijska priprema stalno u potrazi za inovativnim metodama koje mogu pridonijeti boljim sportskim rezultatima, integracija znanja o autofagiji u trening i prehranu sportaša mogla bi otvoriti nove perspektive za razvoj sporta.

Predmet ovog rada su dva ključna biološka procesa: autofagija i povremeni post i njihova uloga u sportskoj praksi. Rad proučava mehanizme kojima ovi procesi djeluju na tjelesne funkcije, te kako se mogu primijeniti za poboljšanje sportskih performansi i opće tjelesne kondicije. Autofagija, kao unutarstanični mehanizam samoodržanja koji razgrađuje i reciklira oštećene stanične komponente, i povremeni post, kao prehrambeni režim koji alternira periode jela i posta, oba imaju potencijal utjecati na fizičko stanje i sposobnosti sportaša.

Ciljevi rada su višestruki i usmjereni na praktičnu primjenu u sportskom kontekstu:

- Istražiti temeljne biološke procese autofagije i povremenog posta kako bi se razumjelo njihovo djelovanje na tjelesne i metaboličke funkcije.
- Odrediti kako ovaj proces i prehrambeni režim mogu doprinijeti povećanju fizičke snage, izdržljivosti, i oporavka, ključnih za sportaše.
- Procijeniti potencijalne pozitivne učinke, kao i moguće rizike ili negativne posljedice koje primjena ovih strategija može imati na zdravlje i performanse sportaša.
- Razviti smjernice za integraciju autofagije i povremenog posta u treninge i prehrambene planove sportaša, temeljene na znanstvenim dokazima.

Ovaj rad nastoji spojiti teoretska znanja i praktična iskustva kako bi pružio sveobuhvatne informacije koje mogu pomoći sportašima i trenerima u optimizaciji treninga i natjecateljskih performansi. Proučavanjem interakcije između tjelesne aktivnosti i ovih bioloških procesa, rad pridonosi boljem razumijevanju kako se kroz prilagođene prehrambene i trening strategije može maksimalno iskoristiti prirodni potencijal tijela za regeneraciju i poboljšanje funkcija, što je od presudne važnosti u visokokonkurentnom svijetu sporta.

Istraživačka pitanja na koja ovaj rad nastoji odgovoriti su:

1. Kako autofagija utječe na mišićni oporavak i sportske performanse
2. Na koji način povremeni post potiče procese autofagije kod sportaša
3. Koje su prednosti i rizici implementacije povremenog posta u redovite treninge i prehranu sportaša

Rad se temelji na sistematici pregledu recentne literature i studija objavljenih u znanstvenim časopisima, knjigama i na relevantnim konferencijama. Analiza se provodi kritičkim osvrtom na dostupne studije, s fokusom na eksperimentalne i kliničke radove koji istražuju mehanizme i učinke autofagije i povremenog posta na sportaše. Rad je strukturiran u nekoliko ključnih

poglavlja: nakon uvoda, drugo poglavlje razmatra osnove autofagije, definiciju i mehanizme, te fiziološku ulogu u ljudskom tijelu. Treće poglavlje se fokusira na principe i prakse povremenog posta, dok četvrto poglavlje integrira oba koncepta u kontekstu sporta, s posebnim osvrtom na utjecaj na performanse sportaša. Rad završava sa zaključkom koji sumira glavne nalaze i daje smjernice za daljnja istraživanja.

2. OSNOVE AUTOFAGIJE

U poglavlju se istražuju aspekti ovog esencijalnog biološkog procesa, koji predstavlja temeljnu komponentu unutarstaničnog održavanja i homeostaze. Razmotrit će se definicija i temeljni mehanizmi koji upravljaju procesom autofagije, uključujući identifikaciju ključnih molekularnih aktera i signalnih putova koji omogućavaju stanicama efikasnu razgradnju i recikliranje staničnih komponenata.

Osim toga, poglavlje će se osvrnuti na fiziološku ulogu autofagije u ljudskom tijelu, istražujući njezin značaj u održavanju stanične funkcije, odgovoru na stres, te u procesima stanične diferencijacije i razvoja. Posebna pažnja posvetit će se razumijevanju kako autofagija doprinosi zaštiti stanica i tkiva od oštećenja te kako njezina disfunkcija može voditi do razvoja različitih patoloških stanja.

Kroz sveobuhvatni pregled mehanizama i uloga autofagije, cilj je steći uvid u kompleksnost ovog procesa i njegovu ključnu ulogu u očuvanju zdravlja na staničnoj i tkivnoj razini, što je od izuzetne važnosti za razumijevanje temeljnih principa stanične biologije, kao i za potencijalne terapijske strategije usmjerene na modulaciju autofagije.

2.1. Definicija i mehanizmi autofagije

Autofagija igra nezamjenjivu ulogu u unutarstaničnom čišćenju, čime se osigurava vitalnost stanica kroz održavanje stanične homeostaze i odgovor na različite forme stresa. Kao mehanizam koji omogućava stanicama da efikasno razgrađuju i recikliraju svoje komponente, uključujući oštećene organele i proteine, autofagija predstavlja ključan proces u sprječavanju akumulacije oštećenih molekula koje mogu dovesti do staničnih disfunkcija i bolesti. Yun i suradnici (2020) ističu važnu ulogu autofagije u modulaciji oksidativnog stresa, navodeći da ovaj proces pomaže u održavanju stanične stabilnosti kroz uklanjanje oksidativno oštećenih komponenata. Ovo je posebno značajno u kontekstu bolesti poput raka i neurodegenerativnih stanja, gdje oksidativni stres igra ključnu ulogu u patogenezi.

Definicija autofagije, koja dolazi od grčkih riječi "auto" (sam) i "phagein" (jesti), odražava samu suštinu ovog procesa - "samopojedanje". Kroz ovaj prirodno regulirani mehanizam, stanice se oslobađaju nepotrebnih ili disfunkcionalnih molekula i organela, čime se osigurava njihovo pravilno funkcioniranje i preživljavanje. Proces započinje formiranjem autofagosoma, struktura koje okružuju ciljne molekule ili organele, a zatim se fuzioniraju s lizosomima gdje se njihov sadržaj razgrađuje i reciklira. Zhou i suradnici (2022) detaljno opisuju mehanizme degradacije autophagy-related proteina, naglašavajući složenost i preciznost kojom se autofagija regulira na molekularnoj razini. Ovo ukazuje na postojanje visoko organiziranog sustava kontrole koji omogućava stanici da se prilagodi promjenjivim uvjetima okoline i unutarnjim potrebama.

Osim svoje osnovne uloge u staničnom otpadu i recikliranju, autofagija služi kao kritičan odgovor na nutricionistički stres, pružajući alternativni izvor energije kada su vanjski izvori ograničeni. Ovaj aspekt autofagije, kako navodi Yang i suradnici (2009), omogućava stanicama da prežive u uvjetima kada su konvencionalni metabolički putevi nedostupni ili nedovoljni. Razumijevanje ovih mehanizama nije samo ključno za osnovna biološka istraživanja, već nudi i temelje za razvoj novih terapijskih pristupa u liječenju širokog spektra bolesti, naglašavajući važnost kontinuiranog istraživanja autofagije kao potencijalne mete za farmakološku intervenciju.

Proces autofagije odvija se kroz složene i precizno regulirane mehanizme koji omogućavaju stanicama da održavaju svoju unutarnju ravnotežu i reagiraju na različite stresne uvjete. Ova sofisticirana sekvenca događaja započinje inicijacijom autofagije, gdje se formiraju membranske strukture poznate kao izolacijske membrane ili fagofori. Te strukture postupno rastu i okružuju ciljane stanične komponente, stvarajući strukturu poznatu kao autofagosom. Kritičnu ulogu u ovom procesu imaju Atg (autophagy-related) proteini, koji su esencijalni za inicijaciju, ekspanziju i zatvaranje autofagosoma (Parzych i Klionsky, 2014).

Nakon formacije, autofagosomi se transportiraju unutar staničnog citoplazma i fuzioniraju s lizosomima, stvarajući strukturu poznatu kao autofagolizosom. Unutar ovih fuzioniranih struktura, enzimi lizosoma razgrađuju sadržaj autofagosoma, čime se recikliraju biološki molekule i organele. Ovaj proces ne samo da pomaže u uklanjanju oštećenih i nepotrebnih staničnih komponenata, već i osigurava stanicama ključne nutrijente u uvjetima stresa ili nedostatka hrane.

Regulacija autofagije uključuje interakciju između različitih signalnih putova, gdje ključne uloge imaju mTOR (mechanistic target of rapamycin) i AMPK (AMP-activated protein kinase). mTOR kompleks služi kao glavni inhibitor autofagije, reagirajući na bogatstvo nutrijenata i rastuće signale tako što potiskuje aktivaciju autofagije. Nasuprot tome, AMPK aktivira autofagiju u odgovoru na energetske stres, kao što je niska razina ATP-a, čime se osigurava preživljavanje stanice putem recikliranja internih resursa (Lee et al., 2021). Ovaj balans između aktivacije i inhibicije ključan je za pravilno funkcioniranje stanične homeostaze i odgovor na stres.

Dodatno, degradacija autophagy-related proteina, kao što je Atg9, regulirana je proteasomom, što ukazuje na postojanje preciznog mehanizma za kontrolu količine i aktivnosti komponenata uključenih u autofagiju (Hu et al., 2020). Ovo dodatno naglašava složenost regulacije autofagije, gdje ne samo da su signalni putevi odgovorni za inicijaciju i inhibiciju procesa, već i kontrola degradacije ključnih proteina igra bitnu ulogu u održavanju efikasnosti i preciznosti ovog kritičnog staničnog procesa.

Kroz razumijevanje ovih mehanizama, znanstvena zajednica postupno razotkriva složenost i vitalnu ulogu autofagije u održavanju stanične funkcije i odgovoru na bolesti. Napredak u ovom području ne samo da produbljuje naše razumijevanje osnovnih bioloških procesa, već otvara i nove mogućnosti za terapijsku intervenciju u širokom spektru patoloških stanja.

Autofagija igra ključnu ulogu u odgovoru na oksidativni stres, mehanizam kritičan za staničnu adaptaciju i preživljavanje pod stresnim uvjetima. Oksidativni stres, rezultat neravnoteže između proizvodnje reaktivnih kisikovih spojeva (ROS) i kapaciteta antioksidativne obrane tijela, može uzrokovati značajna oštećenja staničnih struktura, uključujući lipide, proteine i nukleinske kiseline. Autofagija se aktivira kao odgovor na povišene razine ROS, služeći kao mehanizam obrane kroz selektivnu degradaciju oštećenih mitohondrija, poznatu kao mitofagija. Ovaj proces pomaže u smanjenju oksidativnog stresa kroz uklanjanje oštećenih mitohondrija, koji su glavni izvor ROS, čime se održava stanična homeostaza i smanjuje potencijal za stanično oštećenje (Yun et al., 2020).

S druge strane, degradacija proteina povezanih s autofagijom, kao što je Atg9, ilustrira složenost i regulaciju ovog procesa. Atg9, esencijalni protein uključen u formiranje autofagosoma, podliježe proteasomalnoj degradaciji, što ukazuje na postojanje detaljno

reguliranog mehanizma kontrole koji balansira sintezu i razgradnju ključnih autophagy-related proteina. Ovaj mehanizam omogućuje preciznu regulaciju autofagije, prilagođavajući brzinu degradacije staničnih komponenata prema trenutnim potrebama i uvjetima stresa. Proteasomalna degradacija Atg9 proteina reflektira dinamičnost autofagije kao odgovora na promjene u staničnom okruženju, omogućavajući stanici da fino podešava svoje mehanizme obrane i preživljavanja (Hu et al., 2020).

Ovi mehanizmi ukazuju na integralnu ulogu autofagije u održavanju stanične funkcije i integriteta pod stresnim uvjetima. Kroz preciznu regulaciju i koordinaciju autofagije, stanice mogu efektivno upravljati oksidativnim stresom i održavati svoju homeostazu, što je ključno za prevenciju oštećenja i očuvanje staničnog zdravlja. Razumijevanje ovih procesa pruža temelj za razvoj novih terapijskih strategija usmjerenih na modulaciju autofagije u liječenju bolesti povezanih s oksidativnim stresom i disfunkcijom autofagije.

2.2. Fiziološka uloga autofagije u ljudskom tijelu

Autofagija predstavlja ključan biološki proces u ljudskom tijelu, odgovoran za razgradnju i recikliranje staničnih komponenti. Kao mehanizam samoočuvanja, autofagija omogućava stanicama da uklone oštećene organele i proteine, čime se održava stanična homeostaza i potiče stanični oporavak. U širem kontekstu, ova funkcija igra vitalnu ulogu u odgovoru na različite forme stresa, uključujući nutritivni stres, oksidativni stres i infekcije, pružajući osnovu za razumijevanje fiziološke važnosti autofagije.

Autofagija, proces koji se doslovno prevodi kao samopojedanje, jest vitalni mehanizam odgovoran za degradaciju i ponovnu upotrebu citoplazmatskih komponenata putem lizosomalnog puta. U uvjetima stresnih situacija, kao što su gladovanje ili infekcija, autofagija promiče preživljavanje stanica kroz uklanjanje oštećenih struktura i proizvodnju energije (Yang & Klionsky, 2009).

Autofagija, kao odgovor na oksidativni stres, predstavlja ključan mehanizam obrane u ljudskom tijelu, sprječavajući stanična oštećenja i potičući stanično preživljavanje. Oksidativni stres, uzrokovan disbalansom između proizvodnje reaktivnih kisikovih spojeva (ROS) i sposobnosti antioksidativne obrane, može dovesti do ozbiljnih oštećenja staničnih komponenata poput DNA, proteina i lipida. Kroz proces mitofagije, selektivnog uklanjanja

oštećenih mitohondrija, autofagija efikasno smanjuje akumulaciju ROS-a, time štiteći stanične strukture i funkcije. Yun i suradnici (2020) naglašavaju kako ovaj proces ne samo da uklanja izvore prekomjerne proizvodnje ROS-a, već također promiče obnovu mitohondrijske populacije, čime se osigurava energetska efikasnost i stanični oporavak.

U kontekstu imunološkog odgovora, autofagija igra nezamjenjivu ulogu u obrani tijela od patogenih mikroorganizama. Omogućavajući uklanjanje patogena unutar autofagosoma i njihovu prezentaciju na MHC molekulama, autofagija potiče aktivaciju imunološkog sustava, što je temeljno za učinkovitu imunološku reakciju. Jung, Jeong i Yu (2020) ističu kako autofagija omogućava stanicama imunološkog sustava da prepoznaju i učinkovito eliminiraju patogene, čime se sprječava njihova proliferacija i širenje infekcija.

Štoviše, uloga autofagije u razvojnim procesima i diferencijaciji stanica ključna je za održavanje stanične i tkivne homeostaze. Kroz uklanjanje suvišnih ili nefunkcionalnih organela i proteina, autofagija osigurava da stanice pravilno diferenciraju i razvijaju se, što je neophodno za pravilno funkcioniranje organizma. Khandia i suradnici (2019) naglašavaju kako je autofagija uključena u niz razvojnih procesa, od embryogeneze do stanične diferencijacije, ističući njezinu sveprisutnu ulogu u održavanju biološke raznolikosti i adaptabilnosti.

Kroz detaljnu analizu mehanizama i uloga autofagije, znanstvena istraživanja kontinuirano pružaju uvid u njezinu multifunkcionalnost i nezamjenjivost u održavanju zdravlja i funkcije ljudskog tijela. Razumijevanje ovih procesa otvara put za razvoj novih terapijskih strategija usmjerenih na modulaciju autofagije u liječenju širokog spektra bolesti.

Molekularni mehanizmi autofagije predstavljaju kompleksan skup procesa koji omogućavaju stanicama da učinkovito upravljaju vlastitim resursima i održavaju homeostazu, čak i u uvjetima stresa. Na molekularnoj razini, ovaj proces započinje inicijacijom, gdje se signalne molekule aktiviraju kao odgovor na različite oblike stresa, uključujući nutritivni nedostatak, prisutnost oštećenih organela ili napad patogena. Nakon inicijacije, autofagija napreduje kroz nukleaciju, koja obuhvaća formiranje izolacijske membrane oko ciljanih komponenata unutar stanice.

Ekspanzija autofagosoma je sljedeći korak, gdje se izolacijska membrana širi kako bi obuhvatila veće količine citoplazmatskog materijala ili veće organele. Tijekom ove faze, ključni proteini, poznati kao Atg (autophagy-related) proteini, igraju centralnu ulogu. Atg

proteini su odgovorni za regrutaciju dodatnih lipida u izolacijsku membranu i njezinu ekspanziju, što rezultira formiranjem autofagosoma, strukture koja okružuje materijal namijenjen za degradaciju.

Nakon što se autofagosom formira, slijedi zatvaranje, tijekom kojeg se izolacijska membrana spaja, zatvarajući sadržaj unutar. Ovaj zatvoreni autofagosom potom migrira kroz citoplazmu i fuzionira s lizosomom, formirajući autofagolizosom. Unutar ove fuzionirane strukture, lizosomalne hidrolaze degradiraju sadržaj autofagosoma, reciklirajući makromolekule i osiguravajući stanicama vitalne gradivne blokove i energiju.

Ključni signalni putovi, kao što su oni regulirani proteinima mTOR (mechanistic target of rapamycin) i AMPK (AMP-activated protein kinase), igraju esencijalnu ulogu u regulaciji autofagije. mTOR put inhibira autofagiju u uvjetima bogatim hranjivim tvarima, dok AMPK promiče autofagiju kao odgovor na energetske deficit, čime se osigurava da se autofagija aktivira samo kada je potrebno (Parzych i Klionsky, 2014).

Ovi složeni molekularni mehanizmi i signalni putovi koji reguliraju autofagiju ključni su za održavanje stanične funkcije i preživljavanje. Razumijevanje ovih procesa pruža duboki uvid u osnovne mehanizme stanične biologije, kao i potencijalne metode za ciljanje autofagije u terapijske svrhe, posebno u liječenju bolesti povezanih s disfunkcijom autofagije.

Autofagija evidentno predstavlja fundamentalni proces u ljudskom tijelu, esencijalan za održavanje stanične i organizacijske homeostaze. Kroz svoje brojne fiziološke uloge, od odgovora na oksidativni stres do regulacije imunološkog odgovora i uključenosti u razvojne procese, autofagija pruža ključni mehan

2.3. Autofagija i njezin utjecaj na zdravlje stanica i tkiva

Autofagija predstavlja fundamentalni proces unutarstaničnog čišćenja koji igra ključnu ulogu u održavanju zdravlja stanica i tkiva u ljudskom tijelu. Kroz kontroliranu razgradnju i recikliranje staničnih komponenti, autofagija omogućava stanicama da se oslobode oštećenih organela i proteina, sprječavajući time nakupljanje toksičnih materijala koji bi mogli dovesti do staničnih oštećenja, disfunkcije i smrti. Ovo poglavlje istražuje kako autofagija utječe na

zdravlje stanica i tkiva, s posebnim naglaskom na njenu ulogu u odgovoru na oksidativni stres, regulaciju imunološkog odgovora, i sudjelovanje u razvojnim procesima.

Odgovor na oksidativni stres putem autofagije ključna je komponenta u održavanju staničnog i tkivnog zdravlja. Oksidativni stres, rezultirajući disbalansom između produkcije reaktivnih kisikovih spojeva (ROS) i kapaciteta stanice za njihovo neutraliziranje, potencijalno dovodi do širokog spektra patoloških stanja uzrokovanih oštećenjem esencijalnih biomolekula i struktura, uključujući DNA, proteine i lipide. Yun i sur. (2020) naglašavaju kako autofagija direktno sudjeluje u neutralizaciji oksidativnog stresa kroz mehanizam zvan mitofagija, proces tijekom kojeg su disfunkcionalni mitohondriji, glavni interni izvori ROS-a, selektivno razgrađeni i reciklirani. Ovaj proces ne samo da smanjuje proizvodnju ROS-a uklaňanjem oštećenih mitohondrija, već i promiče obnovu mitohondrijske funkcije, čime se osigurava energetska efikasnost i sprječava stanična smrt.

Složeni molekularni mehanizmi koji reguliraju autofagiju, uključujući signalne putove poput mTOR i AMPK, prilagođavaju aktivaciju autofagije u odnosu na energetske status i stresne uvjete unutar stanice (Parzych & Klionsky, 2014). Regulacija tih signalnih putova omogućuje preciznu kontrolu nad autofagijom, osiguravajući da se proces aktivira samo kada je potrebno zaštititi stanice od akumuliranih oštećenja ili za podršku u uvjetima energetske potrebe.

Osim direktnog učinka na smanjenje oksidativnog stresa, autofagija doprinosi i održavanju staničnog zdravlja kroz degradaciju proteina povezanih s autofagijom, kao što je Atg9. Razgradnja ovih proteina putem proteasoma, kako navode Hu i sur. (2020), pokazuje dinamičnost i adaptivnost autofagije kao odgovora na promjenjive stanične uvjete, omogućujući fine prilagodbe u mehanizmima staničnog preživljavanja i održavanja homeostaze. Kroz svoju ulogu u odgovoru na oksidativni stres, autofagija se pokazuje kao temeljni mehanizam u zaštiti stanica od oštećenja i održavanju tkivnog zdravlja. Razumijevanje mehanizama kojima autofagija upravlja ovim procesima ključno je za istraživanje novih terapijskih pristupa u liječenju bolesti povezanih s oksidativnim stresom i disfunkcijom mitohondrija.

Regulacija imunološkog odgovora predstavlja jednu od ključnih uloga autofagije u održavanju zdravlja organizma. Osim što pruža zaštitu od oksidativnog stresa, autofagija igra vitalnu ulogu u obrani tijela od patogenih mikroorganizama i u efikasnom moduliranju

imunološkog odgovora. Kroz formiranje autofagosoma, proces autofagije omogućava ne samo uklanjanje patogena unutar stanica već i sudjeluje u prezentaciji antigenskih peptida na MHC molekulama. Ovaj mehanizam ključan je za aktivaciju specifičnog imunološkog odgovora, čime se omogućava tijelu da učinkovito prepozna i uništi uljeze, što doprinosi općem zdravlju i homeostazi (Jung, Jeong i Yu, 2020).

Autofagija djeluje kao središnji mehanizam u razgradnji i obradi intracelularnih patogena, čime se omogućava njihova prezentacija imunološkom sustavu. Takva obrada i prezentacija antigena ključna je za aktivaciju T-stanica, što je temelj adaptivnog imunološkog odgovora. Osim toga, autofagija igra ulogu u regulaciji upalnih procesa kroz utjecaj na proizvodnju i sekreciju citokina. Sposobnost autofagije da modulira proizvodnju proinflammatoryh citokina pomaže u prevenciji kronične upale, koja može dovesti do niza patoloških stanja.

Ovaj mehanizam također ima ključnu ulogu u održavanju tolerancije imunološkog sustava prema vlastitim antigenima, čime se sprječava autoimunost. Kroz selektivno uklanjanje oštećenih ili disfunkcionalnih staničnih komponenata, autofagija pomaže u očuvanju staničnog integriteta i sprječava oslobađanje potencijalno autoimunogenih materijala. Osim toga, autofagija može utjecati na preživljavanje i funkciju imunoloških stanica, uključujući makrofage i limfocite. Kroz održavanje energetske homeostaze i eliminaciju oštećenih organela, autofagija doprinosi optimalnoj funkciji imunoloških stanica, omogućavajući im da učinkovito odgovore na infekcije i druge imunološke izazove.

U kontekstu infektivnih bolesti, autofagija može također djelovati kao mehanizam odgovora na viruse i bakterije, ograničavajući njihovu replikaciju unutar stanica domaćina. Time se potvrđuje multifunkcionalnost autofagije kao ključnog elementa u regulaciji imunološkog odgovora, nudeći potencijalne ciljeve za razvoj novih terapijskih strategija u liječenju infektivnih i autoimunih bolesti.

S obzirom na sve navedeno, jasno je da autofagija predstavlja ključni regulatorni mehanizam unutar imunološkog sustava, čime se ističe njezina uloga u održavanju zdravlja i homeostaze organizma. Razumijevanje kompleksnih interakcija između autofagije i imunološkog sustava otvara nove mogućnosti za istraživanje i razvoj inovativnih pristupa u liječenju širokog spektra bolesti.

Autofagija predstavlja bitan mehanizam u razvojnim procesima i diferencijaciji stanica, igrajući vitalnu ulogu u oblikovanju tkiva i organa. Proces uklanjanja nefunkcionalnih organela i proteina putem autofagije ne samo da osigurava čistoću unutarstaničnog okoliša, već i omogućava stanicama da se prilagode promjenjivim zahtjevima tijekom diferencijacije. Khandia i suradnici (2019) ističu da je autofagija odgovorna za osiguranje energetske resursa i esencijalnih gradivnih blokova potrebnih za pravilan razvoj stanica, kao i za eliminaciju staničnih komponenti koje više nisu potrebne ili su postale disfunkcionalne.

Tijekom razvoja, diferencijacija stanica zahtijeva strogu regulaciju kako bi se osiguralo formiranje funkcionalnih tkiva i organa. Autofagija sudjeluje u tom procesu, pružajući mehanizam kojim se stanice mogu osloboditi starih ili oštećenih organela, čime se stvara prostor i resursi za nove, funkcionalne strukture. Ovaj proces pomaže u očuvanju staničnog zdravlja i vitalnosti, što je od kritične važnosti za pravilno funkcioniranje organizma. Uloga autofagije u diferencijaciji stanica posebno je vidljiva u tkivima koja zahtijevaju visoku stopu obnove, poput hematopoetskog sustava i epiderma, gdje kontinuirana diferencijacija osigurava njihovu funkcionalnost i regeneraciju. Osim toga, proces autofagije igra ključnu ulogu u regulaciji stanične smrti, što je bitno za razvojne procese poput morfogeneze, gdje se oblikovanje tkiva često ostvaruje kroz programiranu staničnu smrt. Jung, Jeong i Yu (2020) navode da autofagija može djelovati kao mehanizam zaštite od nekontrolirane stanične smrti, omogućavajući stanicama da prežive u uvjetima stresa, ali i kao put prema programiranoj smrti u kontekstu razvojnih procesa.

U kontekstu razvojnih bolesti, disfunkcija autofagije povezana je s nizom patoloških stanja, uključujući neurodegenerativne bolesti, karcinom i miopatije. Uloga autofagije u održavanju stanične homeostaze čini je potencijalnom metom za terapijske intervencije usmjerene na ispravljanje ili modulaciju autofagijskog puta kako bi se poboljšalo zdravlje tkiva i organa. Stoga, autofagija ne samo da pruža ključan mehanizam za održavanje stanične čistoće i funkcije tijekom stanične diferencijacije i razvoja, već i omogućava precizno reguliranje razvojnih procesa kroz eliminaciju nepotrebnih ili oštećenih staničnih komponentata. Razumijevanje ovih procesa pruža uvid u kompleksnost stanične diferencijacije i razvoja, kao i potencijal za razvoj novih pristupa u liječenju bolesti povezanih s disfunkcijom autofagije.

Autofagija je slijedom navedenog ključan proces koji utječe na zdravlje stanica i tkiva na više razina. Njena sposobnost da odgovori na oksidativni stres, regulira imunološki

odgovor i sudjeluje u razvojnim procesima čini je nezamjenjivim mehanizmom za održavanje stanične homeostaze i zdravlja. Razumijevanje molekularnih mehanizama koji leže u osnovi autofagije otvara nove mogućnosti za razvoj terapijskih strategija usmjerenih na liječenje i prevenciju različitih bolesti.

3. PRINCIPI I PRAKSE POVREMENOG POSTA

Ovo poglavlje pruža pregled definicija povremenog posta, istražuje različite pristupe i metode koje se primjenjuju u praksi, te detaljno razmatra biološke učinke koje povremeni post ima na tijelo. Nadalje, razmatra se primjena povremenog posta u kontekstu prehrane sportaša, ističući kako ovaj prehrambeni obrazac može biti prilagođen kako bi podržao specifične ciljeve vezane uz trening i natjecanje.

Na početku se detaljno definiraju različiti pristupi povremenom postu, uključujući popularne metode kao što su vremenski ograničeni unos hrane, metoda 5:2, te alternativni dnevni post. Ovim se pruža temelj za razumijevanje kako različite strategije posta mogu biti primijenjene u različitim kontekstima i kako svaki pristup nudi jedinstvene potencijalne prednosti.

Dalje se istražuju biološki učinci povremenog posta na tijelo, s posebnim naglaskom na metaboličke promjene, adaptacije u energetsom korištenju, te poboljšanja u zdravstvenim markerima kao što su osjetljivost na inzulin i razina upalnih citokina. Analiziraju se i mehanizmi iza tih promjena, uključujući poticanje procesa kao što su autofagija i ketogeneza, koji igraju ključne uloge u poticanju tjelesne otpornosti i regeneracije.

Završni dio poglavlja posvećen je istraživanju povremenog posta u kontekstu prehrane sportaša, gdje se razmatraju potencijalne koristi i izazovi implementacije ovog prehrambenog obrasca u njihovoj rutini. Ovaj segment naglašava važnost individualiziranog pristupa, prilagođavanja vremena posta i obroka treninzima i natjecanjima, te potrebu za uravnoteženjem nutritivnih zahtjeva s ciljevima vezanim za performanse i oporavak.

3.1. Definicija i različiti pristupi povremenom postu

Povremeni post predstavlja pristup prehrani koji se temelji na ciklusima između perioda unosa hrane i perioda posta. Ova metoda, koja se koristi kroz različite pristupe, dobila

je značajnu pažnju zbog svojih potencijalnih blagodati na zdravlje, uključujući upravljanje težinom, poboljšanje metaboličkih funkcija i doprinos smanjenju rizika od kroničnih bolesti. Rad započinje općenitim pregledom povremenog posta, zatim se usmjerava na specifične pristupe povremenom postu i završava detaljnim razmatranjem utjecaja ovog prehranbenog obrasca na zdravlje stanica i tkiva.

Povremeni post obuhvaća širok spektar pristupa prehrani koji se temelje na alterniranju razdoblja unosa hrane i razdoblja posta. Ova metoda varira od jednostavnih oblika, kao što je vremenski ograničeni unos hrane, gdje se konzumacija hrane odvija unutar određenog vremenskog prozora tijekom dana, do složenijih režima poput 5:2 dijeta, koja uključuje dva dana smanjenog unosa kalorija uz održavanje uobičajene prehrane tijekom ostalih pet dana u tjednu (Rynders et al., 2019). Alternativni dnevni post predstavlja još jedan pristup, gdje se izmjene dana s uobičajenim unosom hrane i dana s vrlo niskim unosom kalorija ili potpunim postom.

Raznolikost ovih pristupa omogućava pojedincima da odaberu metodu koja najbolje odgovara njihovim životnim navikama, preferencijama i zdravstvenim ciljevima. Vremenski ograničeni unos hrane, na primjer, ograničava unos hrane na period od 8 do 10 sati dnevno, čime se potiče tijelo da tijekom preostalog dijela dana koristi pohranjenu energiju, što može doprinijeti gubitku težine i poboljšanju metaboličkih parametara (Mishra et al., 2023). S druge strane, 5:2 pristup i alternativni dnevni post pružaju stroža razdoblja ograničenja kalorija, što može potaknuti dodatne metaboličke promjene i poboljšati ishode povezane sa zdravljem, poput smanjenja upalnih markera i poboljšanja osjetljivosti na inzulin (Morales-Suarez-Varela et al., 2021).

Znanstvena istraživanja potvrđuju da povremeni post može imati pozitivan utjecaj na tjelesnu težinu, smanjenje masnog tkiva, poboljšanje kardiovaskularnih i metaboličkih pokazatelja, te potencijalno doprinijeti smanjenju rizika od razvoja kroničnih bolesti poput dijabetesa tipa 2 i kardiovaskularnih bolesti (Zang, B.-Y. et al., 2022). Osim toga, povremeni post može utjecati na neurološke funkcije i potencijalno pružiti neuroprotektivne učinke, kao što su poboljšanje kognitivnih funkcija i smanjenje rizika od neurodegenerativnih bolesti (Brocchi et al., 2022).

Međutim, važno je napomenuti da povremeni post nije prikladan za sve pojedince, te bi se o njegovoj primjeni trebalo konzultirati s liječnikom ili nutricionistom, posebno u slučajevima postojećih zdravstvenih stanja ili posebnih prehranbenih potreba. Unatoč

potencijalnim prednostima, potrebno je dodatno istraživanje kako bi se bolje razumjeli dugoročni učinci povremenog posta na zdravlje i dobrobit pojedinaca (Margină & Drăgoi, 2023).

Ukratko, povremeni post predstavlja fleksibilan i prilagodljiv pristup prehrani s potencijalnim blagodatima za zdravlje. Razumijevanje različitih pristupa i njihovih specifičnih učinaka na organizam može pomoći pojedincima u odabiru najprikladnijeg režima posta u skladu

Fiziološki učinci povremenog posta proširuju se od regulacije tjelesne težine do znatnih poboljšanja u metaboličkom zdravlju i smanjenja rizika od razvoja bolesti. Rynders i sur. (2019) su kroz svoje istraživanje istaknuli kako povremeni post može biti jednako efikasan kao kontinuirano ograničavanje unosa kalorija u cilju gubitka težine, uz dodatne beneficije kao što su poboljšanje osjetljivosti na inzulin i smanjenje upalnih markera. Ovo sugerira da povremeni post može imati duboki utjecaj na metaboličku regulaciju, potencijalno pružajući bolju zaštitu protiv metaboličkog sindroma i dijabetesa tipa 2.

Dodatno, Elsworth i sur. (2023) su kroz meta-analizu ukazali na potencijal povremenog posta u modulaciji apetita, što bi moglo olakšati održavanje zdravijih prehrambenih navika i pridržavanje režima prehrane na duže staze. Smanjenje apetita i poboljšana kontrola unosa hrane mogu biti ključni faktori u dugoročnom upravljanju težinom i prevenciji pretilosti.

Istraživanja kao što je ono koje su proveli James i sur. (2024) ukazuju na potencijalne anti-aging učinke povremenog posta, uključujući poboljšanje kardiovaskularnog zdravlja, kognitivnih funkcija i smanjenje biomarkera starenja. Ovi učinci mogu biti posljedica kako energetske restrikcije, tako i povećane efikasnosti uklanjanja oštećenih stanica i organa kroz mehanizme poput autofagije.

S druge strane, Morales-Suarez-Varela i sur. (2021) istraživali su specifične učinke povremenog posta na kronične bolesti poput pretilosti, dijabetesa i multiple skleroze. Njihovi nalazi sugeriraju da povremeni post može pružiti značajne beneficije u upravljanju ovim stanjima, potencijalno djelujući kroz poboljšanje metaboličkih funkcija i smanjenje upalnih procesa.

Važno je istaknuti da iako povremeni post nudi raznolike zdravstvene beneficije, njegovi učinci mogu varirati ovisno o individualnim faktorima kao što su početni metabolički

status, dobi, spolu i prethodnim prehrabnim navikama. Stoga, klinička primjena povremenog posta zahtijeva individualizirani pristup, uzimajući u obzir osobne zdravstvene ciljeve i potrebe svakog pojedinca.

Utjecaj povremenog posta na zdravlje stanica i tkiva temelji se na poticanju procesa kao što su autofagija i redukcija oksidativnog stresa, što ima ključnu ulogu u održavanju i promicanju staničnog i tkivnog zdravlja. James i sur. (2024) istraživanje pokazuje kako povremeni post može usporiti određene aspekte starenja te poboljšati ishode povezane sa starenjem, uključujući kognitivne funkcije i kardiovaskularno zdravlje. Ovaj mehanizam se djelomično pripisuje sposobnosti povremenog posta da potakne autofagiju, proces tijekom kojeg stanice razgrađuju i recikliraju oštećene i nefunkcionalne komponente, čime se smanjuje akumulacija oksidativnog stresa i održava stanična funkcionalnost.

Morales-Suarez-Varela i sur. (2021) ističu potencijal povremenog posta u upravljanju i potencijalnom ublažavanju kroničnih stanja poput pretilosti, dijabetesa tipa 2 i multiple skleroze. Povremeni post, putem svojih regulacijskih učinaka na metaboličke puteve, kao što su poboljšanje osjetljivosti na inzulin i smanjenje upalnih procesa, može pružiti značajnu terapijsku vrijednost.

Osim toga, istraživanja sugeriraju da povremeni post može imati protektivne učinke na strukturu i funkciju tkiva, pridonoseći smanjenju rizika od razvoja metaboličkih bolesti. Na primjer, redukcija oksidativnog stresa i poticanje autofagije mogu poboljšati zdravlje jetre kod pacijenata s metaboličkim povezanim masnim oboljenjem jetre (MAFLD), kao što su pokazali Róžański i sur. (2022). Smanjenje intracelularnog otpada i poboljšana energetska efikasnost mogu pridonijeti smanjenju masnih naslaga u jetri, poboljšavajući funkciju jetre i smanjujući rizik od napredovanja bolesti.

U kontekstu neurološkog zdravlja, povremeni post može imati pozitivan utjecaj na mozak putem mehanizama koji uključuju smanjenje upalnih citokina i poticanje neurogeneze. Brocchi i sur. (2022) istraživanje naglašava kako povremeni post može pridonijeti neuroprotekciji i potencijalno smanjiti rizik od neurodegenerativnih stanja poput Alzheimerove i Parkinsonove bolesti. Ukupno, utjecaj povremenog posta na zdravlje stanica i tkiva obuhvaća širok raspon mehanizama koji pružaju značajne prednosti za metaboličko zdravlje, funkciju tkiva, kao i potencijalno usporavanje procesa starenja. Sve ovo ukazuje na to da povremeni post može biti moćan alat u promicanju dugoročnog zdravlja i prevenciji kroničnih bolesti.

Povremeni post predstavlja fleksibilan i prilagodljiv pristup prehrani koji nudi brojne potencijalne zdravstvene prednosti. Od gubitka težine i poboljšanja metaboličkih funkcija do pozitivnog utjecaja na zdravlje stanica i tkiva, povremeni post zaslužuje daljnje istraživanje kao mogući doprinos boljem zdravlju i dobrobiti.

3.2. Biološki učinci povremenog posta na tijelo

Biološki učinci povremenog posta na tijelo obuhvaćaju široko polje istraživanja koje se proteže od utjecaja na osnovne metaboličke funkcije do dubokih promjena u psihološkom stanju i sveukupnom dobrobiti pojedinca. Ovaj pristup prehrani, koji se temelji na alterniranju razdoblja prehrane i posta, postao je predmet intenzivnog znanstvenog interesa zbog svoje sposobnosti da inducira širok raspon adaptivnih bioloških odgovora u tijelu. Radovi poput onog od Wang i Wu (2022) pružaju temeljitu analizu kako povremeni post djeluje na ključne metaboličke puteve, uključujući regulaciju glukoze u krvi, lipidni profil i hormonalnu ravnotežu. Osim metaboličkih učinaka, istraživanja ukazuju na potencijal povremenog posta da poboljša osjetljivost na inzulin, čime se smanjuje rizik od razvoja dijabetesa tipa 2, te smanji upalne procese, koji su često povezani s nizom kroničnih stanja, uključujući srčane bolesti i neke oblike raka.

Povremeni post pridonosi ne samo fizičkom zdravlju, već i psihološkoj dobrobiti, utječući pozitivno na mentalno stanje, emocionalnu ravnotežu i opću percepciju zdravlja. Kroz promjene u prehrambenim navikama, ovaj pristup potiče tijelo na efikasniju upotrebu pohranjene energije, što može dovesti do povećane mentalne jasnoće i bolje regulacije raspoloženja. Poboljšana metabolička funkcija i smanjenje tjelesne težine, česti ishodi prakticiranja povremenog posta, dodatno pridonose pozitivnom psihološkom stanju, smanjujući percepciju stresa i povećavajući samopouzdanje. Wang i Wu (2022) naglašavaju kako ove promjene mogu imati dalekosežne učinke na smanjenje rizika od metaboličkih i psiholoških bolesti, stvarajući pozitivan ciklus poboljšanja fizičkog i mentalnog zdravlja.

Ovim se potvrđuje kako povremeni post predstavlja višedimenzionalni pristup poboljšanju zdravlja, s potencijalnim koristima koje se protežu dalje od jednostavnog smanjenja tjelesne težine ili poboljšanja pojedinačnih metaboličkih markera. Integriranjem povremenog posta u životni stil, pojedinci mogu iskusiti širok spektar pozitivnih promjena koje zajedno doprinose boljoj kvaliteti života i smanjenju rizika od mnogih kroničnih bolesti.

Patterson i sur. (2015) su kroz svoje istraživanje značajno doprinijeli razumijevanju utjecaja povremenog posta na metaboličko zdravlje, s posebnim naglaskom na regulaciju glukoze i lipidnog profila. Njihova studija naglašava kako povremeni post može modulirati metaboličke putove koji su ključni u prevenciji dijabetesa tipa 2 i kardiovaskularnih bolesti. Kroz mehanizme kao što su poboljšana osjetljivost na inzulin i optimizirana obrada lipida, povremeni post pokazuje obećavajuće rezultate u smanjenju rizika od ovih učestalih metaboličkih poremećaja. Ovaj pristup prehrani, koji alternira periode konzumacije i posta, može stoga pružiti efikasan način za poboljšanje metaboličke fleksibilnosti, smanjivanje razine glukoze u krvi te regulaciju razina triglicerida i kolesterola, čime se doprinosi sveukupnom kardiovaskularnom zdravlju.

S druge strane, Stec i sur. (2023) su se usredotočili na psihološke aspekte povremenog posta, istražujući kako ovaj prehrambeni obrazac utječe na psihološke odgovore kod sredovječnih muškaraca. Njihova studija otkriva kako povremeni post može značajno poboljšati odgovore na stres i opće psihološko stanje, sugerirajući da ovaj pristup prehrani nije samo koristan za fizičko zdravlje, već i za mentalno blagostanje. Povremeni post, kroz svoj utjecaj na regulaciju hormona stresa i promicanje bolje kontrole nad prehrambenim navikama, može pomoći u smanjenju osjećaja anksioznosti i depresije, pružajući efikasne strategije za suočavanje s psihološkim stresom. Ovo potencijalno može dovesti do poboljšanja u kvaliteti života, veće emocionalne stabilnosti i općenito boljeg psihološkog blagostanja.

Kroz ove studije, Patterson i sur. (2015), te Stec i sur. (2023) ističu dvostruku korist povremenog posta, ne samo kao sredstvo za poboljšanje fizičkog zdravlja kroz metaboličke učinke, već i kao alat za unapređenje mentalnog zdravlja. Ove spoznaje pružaju važan uvid u složene biološke i psihološke mehanizme kroz koje povremeni post može djelovati, sugerirajući da ovaj prehrambeni obrazac zaslužuje daljnje istraživanje i možda širu primjenu u strategijama za poboljšanje zdravlja i dobrobiti.

Tang i sur. (2023) pružaju analizu utjecaja povremenog posta na premošćivanje jaza između fiziologije i patologije, sugerirajući kako ovaj prehrambeni obrazac može igrati ključnu ulogu u prevenciji i upravljanju širokog spektra zdravstvenih stanja. Kroz njihovu pažljivu analizu, istraživači naglašavaju kako povremeni post utječe na tijelo na više razina, uključujući modulaciju imunološkog sustava, što može pomoći u smanjenju kronične upale, često povezane s različitim patološkim stanjima. Osim toga, proces autofagije, koji je ključan za održavanje stanične čistoće i funkcije, potiče se kroz periode povremenog posta, čime se

doprinosi eliminaciji oštećenih staničnih komponenata i potencijalno smanjuje rizik od degenerativnih bolesti. Ova studija jasno ilustrira kako povremeni post može služiti kao snažan alat za poboljšanje zdravlja na molekularnoj i staničnoj razini, ističući njegovu važnost u kontekstu sveobuhvatnog pristupa upravljanju zdravljem.

S druge strane, istraživanje provedeno na Queen Mary University of London (2024) pruža jedinstveni uvid u biološke odgovore tijela na produženi post, dokumentirajući kako sedam dana bez hrane može inducirati širok spektar adaptacija u metaboličkim procesima, imunološkom sustavu, te staničnoj funkciji. Ova studija otkriva kako tijelo ulazi u stanje povećane metaboličke efikasnosti, koristeći pohranjene zalihe energije, te kako se poboljšava otpornost na stres na staničnoj razini. Značajne promjene zabilježene su u aktivaciji imunološkog sustava, što ukazuje na potencijal povremenog posta da pojača obrambene mehanizme tijela. Osim toga, otkriveno je kako povremeni post potiče otpornost na različite izazove, uključujući gladovanje, što sugerira njegovu ulogu u promicanju dugovječnosti i otpornosti. Ovo istraživanje pruža vrijedne informacije o adaptivnim mehanizmima koje tijelo koristi u odgovoru na ekstremne uvjete, dodatno ističući potencijal povremenog posta kao strategije za unapređenje zdravlja i dobrobiti.

Slijedom navedenog, jasno je da su biološki učinci povremenog posta na tijelo višestruki i obuhvaćaju širok spektar metaboličkih, psiholoških i fizioloških odgovora.

3.3. Povremeni post u kontekstu prehrane sportaša

U središtu istraživanja o povremenom postu i njegovom utjecaju na sportske performanse leži proučavanje kako ovaj prehrambeni obrazac može optimizirati fizičke sposobnosti i poboljšati oporavak nakon intenzivnih treninga. Conde-Pipó i sur. (2024) dubinski analiziraju ovu temu, naglašavajući kako povremeni post ne samo da može promijeniti tjelesni sastav sportaša, potičući gubitak masnog tkiva uz očuvanje mišićne mase, već i potencijalno povećati energetske efikasnosti tijekom izvođenja vježbi. Ovaj sistematski pregled razotkriva kako različiti oblici povremenog posta, od vremenski ograničenog unosa hrane do 5:2 metode, mogu imati raznolike učinke na tijelo, ovisno o individualnim karakteristikama sportaša, vrsti sporta i intenzitetu treninga.

Iz perspektive energetske efikasnosti, povremeni post se istražuje kao strategija koja bi mogla omogućiti sportašima bolje upravljanje svojim energetske zalihami, potičući tijelo da

efikasnije koristi pohranjenu mast kao izvor energije. To bi moglo imati direktan utjecaj na izdržljivost, omogućujući duže trajanje aktivnosti pri visokom intenzitetu bez osjećaja iscrpljenosti. Conde-Pipó i sur. (2024) također istražuju kako povremeni post može utjecati na procese oporavka, sugerirajući da periodi posta mogu pomoći u smanjenju upalnih procesa i ubrzati oporavak mišićnog tkiva, što je ključno za sportaše u ciklusima intenzivnih treninga. Važno je napomenuti da, iako povremeni post nudi značajne potencijale, istraživanje Conde-Pipó i suradnika (2024) također ukazuje na nužnost prilagođavanja prehrambenih strategija individualnim potrebama sportaša. Različiti sportovi i discipline zahtijevaju specifične energetske profile i strategije oporavka, stoga je ključno uzeti u obzir kako odabrani model povremenog posta može najbolje odgovarati pojedinačnim ciljevima i tjelesnim zahtjevima. Ovaj pristup podrazumijeva dubinsko razumijevanje mehanizama djelovanja povremenog posta i njegovih učinaka na tijelo, potkrepljeno temeljitim znanstvenim dokazima, kako bi se maksimizirale prednosti, a minimizirali potencijalni rizici ili nedostaci u kontekstu atletske performansi.

U središtu suvremenih istraživanja o povremenom postu i njegovom utjecaju na sportaše su studije koje detaljno ispituju kako ovaj režim prehrane može modulirati ključne aspekte atletske izvedbe, od metaboličkih procesa do tjelesne kompozicije. Henry Michael Langton (2022), Scarbrough (2023), Perez-Montilla i sur. (2022), te Özbay i sur. (2024) posebno se usredotočuju na analizu kako povremeni post utječe na izdržljivost, snagu i oporavak sportaša, istražujući duboke metaboličke promjene koje ovaj prehrambeni obrazac inducira. Ova istraživanja osvjetljavaju kako strategije povremenog posta mogu optimizirati iskorištavanje nutrijenata i poboljšati energetske efikasnosti, što je ključno za sportaše koji traže maksimiziranje svojih performansi i brzinu oporavka.

Eroglu i sur. (2023), te Moro i sur. (2020) dublje zalaze u specifične mehanizme djelovanja povremenog posta, naglašavajući kako kratkotrajni post može potaknuti tijelo na veću metaboličku fleksibilnost. Kroz ovu prilagodbu, sportaši mogu postići bolje upravljanje energijom tijekom dugotrajnih i visoko intenzivnih treninga, što direktno pridonosi poboljšanju izdržljivosti i snage. Osim toga, istraživanja ukazuju na to da povremeni post može promicati brži oporavak mišićnog tkiva nakon napornih vježbi, smanjujući upalne procese i ubrzavajući regeneraciju. Bitan aspekt koji ove studije ističu jest važnost sinkronizacije obroka s vremenom treninga i trajanjem posta, kao i prilagodba specifičnim energetske zahtjevima koje pojedini sportovi postavljaju. Na primjer, sportaši u

izdržljivostnim disciplinama mogu imati koristi od drugačijeg pristupa povremenom postu u odnosu na one u sportovima koji zahtijevaju eksplozivnu snagu. Također, naglasak je stavljen na individualizaciju prehrambenih strategija, uzimajući u obzir osobne i sportske ciljeve, kako bi se osiguralo da povremeni post služi kao efektivan alat za optimizaciju atletske performansi i općeg zdravstvenog stanja sportaša. U svjetlu ovih saznanja, jasno je da povremeni post nudi potencijal kao prehrambena strategija koja može pružiti značajne prednosti za sportaše, od poboljšane energetske efikasnosti i izdržljivosti do bržeg oporavka i smanjenja rizika od ozljeda. Međutim, daljnja istraživanja su ključna za detaljnije razumijevanje optimalnih protokola i za prilagodbu ovih pristupa individualnim potrebama sportaša, kako bi se maksimizirale koristi povremenog posta u sportu. Analiza istraživanja na temu povremenog posta i njegovog utjecaja na sportaše otkriva složenu sliku s mnogim varijablama koje treba uzeti u obzir.

Izazovi s kojima se sportaši mogu suočiti prilikom primjene povremenog posta uključuju potencijalne promjene u energijskoj dostupnosti tijekom treninga i natjecanja, što može utjecati na izvedbu. Osim toga, postoji zabrinutost oko održavanja optimalne ravnoteže nutrijenata, esencijalnih za oporavak, sintezu proteina i ukupno zdravstveno stanje. Stoga, kako Peos i sur. (2019) kao i Levy i Chu (2019) navode, nužno je provoditi dodatna istraživanja za razvoj preciznih smjernica koje će sportašima omogućiti iskorištavanje potencijalnih prednosti povremenog posta bez kompromitiranja performansi ili zdravlja. U tom kontekstu, prepoznata je potreba za individualiziranim pristupom, gdje se protokoli povremenog posta prilagođavaju specifičnim potrebama sportaša, njihovim disciplinama, treninzima, natjecateljskim rasporedima i individualnim metaboličkim karakteristikama. Ovaj pristup zahtijeva suradnju između sportaša, trenera i sportskih nutricionista kako bi se osiguralo da plan prehrane podržava ciljeve treninga i natjecanja, a da pritom ne ugrožava zdravlje sportaša. Kroz dubinsko razumijevanje metaboličkih procesa i adaptivnih odgovora na povremeni post, može se razviti okvir koji omogućava sportašima da maksimiziraju svoje performanse uz istovremeno poboljšanje ili očuvanje njihovog zdravstvenog stanja.

Implementacija povremenog posta kao dijela sportske nutricionističke strategije, stoga, ne samo da predstavlja inovativan pristup optimizaciji atletske izvedbe, već također odražava sveobuhvatnu brigu za dobrobit sportaša, prilagođenu njihovim jedinstvenim potrebama i ciljevima.

4. AUTOFAGIJA I POVREMENI POST U SPORTU

U ovom poglavlju fokus je na složenom interakcijom između autofagije i povremenog posta u kontekstu sporta, istražujući kako ove biološke i prehrambene strategije utječu na performanse sportaša. Autofagija, proces samoodržavanja tijela koji omogućava stanicama da uklone oštećene komponente i recikliraju nutrijente, zajedno s povremenim postom, prehrambenim režimom koji alternira između perioda unosa hrane i posta, privlači sve veću pozornost zbog svojih potencijalnih koristi za atletske performanse i opće zdravlje.

Prvo potpoglavlje nudi pregled dosadašnjih istraživanja o utjecaju ovih praksi na sportske performanse, analizirajući kako mogu poboljšati izdržljivost, snagu, oporavak i mentalno blagostanje sportaša. Zatim, razmatra se kako povremeni post može poticati autofagiju u kontekstu fizičke aktivnosti, ističući mehanizme kroz koje ova sinergija može doprinijeti optimizaciji zdravlja i funkcije tijela. Konačno, razmatraju se prednosti i moguće rizike primjene povremenog posta za sportaše, naglašavajući važnost individualiziranog pristupa i razumijevanja kako pravilno uskladiti prehrambene prakse s treningom i oporavkom.

Kroz ovo poglavlje, cilj je pružiti sveobuhvatni uvid u kako kombinacija autofagije i povremenog posta može služiti kao snažan alat u arsenalu sportske znanosti, omogućavajući sportašima da maksimiziraju svoje performanse dok istovremeno održavaju i promiču svoje zdravlje.

4.1. Pregled dosadašnjih istraživanja o utjecaju na performanse sportaša

U svijetu sportske znanosti, interes za autofagiju i povremeni post kao metode poboljšanja atletske performansi i općeg zdravlja sportaša naglo je porastao. Ove dvije prakse istražuju se s obzirom na njihov potencijal u poboljšanju izdržljivosti, snage, brzine oporavka te mentalne jasnoće i blagostanja sportaša. Studija koju su proveli Conde-Pipó i sur. (2024) predstavlja temeljit sistematski pregled koji kompilira i analizira dostupne znanstvene dokaze o utjecaju povremenog posta na atletske performanse. Autori ističu da, kada se povremeni post implementira na promišljen i strukturiran način, može pružiti znatne prednosti

u pogledu tjelesnog sastava sportaša, poboljšanja metaboličkih funkcija te podrške psihološkoj otpornosti i koncentraciji. Ovim pristupom, povremeni post ne samo da služi kao alat za postizanje i održavanje optimalne tjelesne težine ili masti, već i kao strategija za poboljšanje insulinske osjetljivosti, smanjenje upalnih procesa te poticanje mentalne oštine.

Daljnja istraživanja na ovu temu pokazuju kako pravilno vremensko ograničavanje unosa hrane i ciklični obrasci posta mogu imati pozitivan učinak na različite aspekte sportskih performansi. Kroz poboljšanje tjelesnog sastava, sportaši mogu postići veću efikasnost u svojim disciplinama, optimizirajući pritom potrošnju energije i poboljšavajući oporavak nakon treninga i natjecanja. Ovi režimi posta također potiču mentalnu jasnoću i fokus, ključne komponente uspjeha u mnogim sportskim aktivnostima. Kroz sintezu dostupnih istraživanja, kao što je ono od Conde-Pipóa i sur. (2024), postaje jasno da integracija povremenog posta u prehranu sportaša zahtijeva individualizirani pristup, uzimajući u obzir specifične potrebe, ciljeve i discipline svakog sportaša. Ovakav pristup omogućava maksimiziranje potencijalnih prednosti povremenog posta, dok minimizira moguće rizike ili negativne posljedice, čime se podupire kako atletska izvedba tako i opće zdravstveno stanje sportaša.

Autofagija, proces ključan za samoodržavanje tijela, od vitalne je važnosti za sportaše zbog svoje uloge u razgradnji i recikliranju staničnih komponenti. Ovaj mehanizam ne samo da podržava oporavak nakon intenzivnih treninga, smanjujući oksidativni stres i očuvajući mišićnu funkciju, već također pridonosi ukupnoj dugovječnosti i dobrobiti. Prema istraživanjima, poput onih od Min i sur. (2021), postoji značajna povezanost između redovite fizičke aktivnosti, zdravih obrazaca spavanja, primjene povremenog posta i poticanja autofagije. Ova sinergija procesa doprinosi ne samo očuvanju optimalnog zdravlja već i poboljšanju sportskih performansi. Sportaši koji integriraju prakse povremenog posta i održavaju aktivan životni stil s adekvatnim odmorom mogu optimizirati funkciju autofagije, što rezultira boljom sposobnošću tijela da se regenerira, smanjuje upalu i održava visoku razinu funkcionalnosti mišića. Takav pristup prehrani i općem načinu života može biti ključan za postizanje i održavanje vrhunskih sportskih performansi, kao i za promicanje dugovječnosti i smanjenje rizika od brojnih bolesti povezanih s dobi i životnim stilom.

Povremeni post tijekom Ramazana predstavlja jedinstvenu priliku za istraživanje utjecaja promijenjenih prehrambenih navika na tjelesno i mentalno zdravlje sportaša. Prakticiranje posta u ovom periodu može imati različite učinke, uključujući promjene u tjelesnoj masi, metaboličkim pokazateljima, kao i performansama i oporavku. Studije poput

onih koje su proveli Ibour Said i suradnici istražuju kako se sportaši mogu prilagoditi i održati optimalnu razinu zdravlja i performansi unatoč izazovima koje postavlja post tijekom Ramazana (2023).

S druge strane, istraživanja koja su proveli Perez-Montilla i sur. (2022), te Durkalec-Michalski i sur. (2019) bacaju svjetlo na šire aspekte povremenog posta i ketogene dijeta u kontekstu sportskih performansi. Ove studije ukazuju na to da pravilno planiranje prehrane, koje uključuje strategije poput povremenog posta ili ketogene dijeta, može pružiti značajne prednosti sportašima. To uključuje poboljšanu regulaciju tjelesne mase, optimizaciju energetske iskoristivosti i poboljšanje metaboličke fleksibilnosti.

Učinkovitost ovih prehranbenih strategija varira ovisno o individualnim karakteristikama sportaša, uključujući vrstu sporta, trenutnu tjelesnu kondiciju, kao i specifične energetske i nutricionističke potrebe. Stoga je važno naglasiti potrebu za individualiziranim pristupom u primjeni povremenog posta i ketogene dijeta, kao što sugeriraju Burke i sur. (2021), posebno u kontekstu visoko intenzivnih i snaga zahtjevnih sportskih disciplina. Ovaj pristup omogućava maksimiziranje prednosti, uz minimiziranje potencijalnih rizika ili negativnih učinaka na zdravlje i performanse sportaša.

Gore navedene spoznaje upućuju na zaključak da, iako povremeni post i autofagija nude obećavajuće mogućnosti za poboljšanje sportskih performansi i općeg zdravstvenog stanja, potrebna su daljnja istraživanja kako bi se precizno definirali protokoli i prakse koji maksimiziraju njihove prednosti. Ključno je razumijevanje individualnih razlika među sportašima i prilagodba prehranbenih strategija specifičnim potrebama i disciplinama, čime se osigurava optimalna primjena ovih metoda u sportu.

4.2. Kako povremeni post može poticati autofagiju u kontekstu fizičke aktivnosti

Autofagija i povremeni post su ključni elementi istraživanja u kontekstu sporta i fizičke aktivnosti zbog njihove sposobnosti da utječu na tjelesni sastav, metaboličke funkcije i opće stanje zdravlja sportaša. Autofagija, proces samoprobavljanja i obnove unutar stanica, ključan je za uklanjanje oštećenih staničnih komponenti i održavanje energetske efikasnosti. Kada je riječ o fizičkoj aktivnosti, ovaj proces može pomoći u smanjenju oksidativnog stresa i poboljšanju oporavka mišića, čime se omogućava bolje očuvanje mišićne funkcije i izdržljivosti.

S druge strane, povremeni post, koji se odnosi na ciklične periode konzumacije hrane i posta, pokazao je potencijal u poboljšanju metaboličkog zdravlja i optimizaciji tjelesnog sastava. Primjenom povremenog posta, sportaši mogu iskusiti smanjenje masnog tkiva uz očuvanje mišićne mase, što je posebno korisno za one koji teže održavanju optimalne tjelesne težine i performansi. Conde-Pipó i sur. (2024), kroz svoju sistematsku analizu, ističu kako prilagođeni režimi povremenog posta mogu pružiti podršku atletskim izvedbama kroz različite mehanizme, uključujući poboljšanu energetska efikasnost i povećanu osjetljivost na inzulin.

Ukupno gledajući, kombinacija autofagije i povremenog posta može pružiti značajne prednosti za sportaše, uključujući poboljšani oporavak, optimizaciju tjelesnog sastava i poboljšano metaboličko zdravlje. Međutim, važno je naglasiti potrebu za individualiziranim pristupom, uzimajući u obzir specifične potrebe i ciljeve svakog sportaša, kao i potencijalne rizike i ograničenja povezane s ovim praksama. Daljnja istraživanja su potrebna kako bi se preciznije definirale strategije koje uključuju autofagiju i povremeni post za maksimizaciju sportskih performansi i zdravlja.

S druge strane, autofagija, mehanizam samoodržavanja koji omogućava stanicama da uklone oštećene komponente i recikliraju nutrijente, ključna je za podršku oporavku, smanjenje oksidativnog stresa i očuvanje mišićne funkcije. Min i sur. (2021) istražuju kako kombinacija redovite fizičke aktivnosti, adekvatnih obrasci spavanja, povremenog posta i poticanja autofagije može doprinijeti dugovječnosti i dobrobiti. Takav integrirani pristup može poticati optimalno zdravlje i poboljšati sportske performanse kroz poticanje bioloških procesa koji podupiru obnovu i održavanje stanične funkcionalnosti.

Ovi nalazi ukazuju na to da povremeni post, u kombinaciji s poticanjem autofagije, može služiti kao efektivna strategija za sportaše koji teže maksimiziranju svojih performansi i zdravlja. Primjena ovih praksi zahtijeva detaljno razumijevanje individualnih potreba i ciljeva, kao i pažljivo planiranje kako bi se osigurala usklađenost s treningom i oporavkom. Prema tome, sportski nutricionisti i treneri trebaju razmotriti specifične protokole povremenog posta i strategije koje promiču autofagiju kao dio sveobuhvatnog pristupa poboljšanju atletskih sposobnosti i općeg zdravstvenog stanja sportaša.

4.3. Prednosti i mogući rizici primjene povremenog posta za sportaše

Povremeni post nije monolitna praksa, već skup metodologija koje variraju u pristupu i trajanju. Centralna ideja leži u cikličkim periodima ograničenja unosa hrane, čime se simulira drevna prehrambena navika koja prati prirodne cikluse gladi i sitosti. Vremenski ograničeni unos hrane, kao što je popularna metoda 16:8, postavlja okvir u kojem se sve dnevne kalorije konzumiraju unutar određenog vremenskog prozora, promičući tako duže periodične faze posta koje potiču tjelesne adaptivne mehanizme. Alternativno, metoda 5:2 promovira koncept redukcije kalorijskog unosa za dva dana u tjednu, dok se ostalim danima hrana konzumira uobičajeno. Ovi modeli posta pružaju fleksibilnost koja može biti izuzetno korisna za sportaše, omogućavajući im da usklade svoje prehrambene navike s rasporedima treninga i natjecanja, te da istovremeno iskoriste potencijalne zdravstvene prednosti (Conde-Pipó et al., 2024).

Povremeni post inducira složene biološke odgovore koji imaju dalekosežne posljedice na metaboličko zdravlje i fizičke performanse. Reduciranjem frekvencije obroka, tijelo se potiče da iskoristi pohranjene energetske rezerve, čime se poboljšava metabolizam glukoze i lipida. Ovo stanje ograničenog unosa energije dovodi do povećane osjetljivosti na inzulin i smanjenja razina glukoze u krvi, što je ključno za održavanje energetske homeostaze i smanjenje rizika od metaboličkih bolesti. Pored metaboličkih prednosti, povremeni post aktivira procese poput autofagije, mehanizma čišćenja koji uklanja oštećene stanične komponente i doprinosi održavanju stanične funkcije i integriteta. Ova regenerativna uloga autofagije ima posebno značenje za sportaše, jer podržava brži oporavak nakon intenzivnih treninga i smanjuje akumulaciju oksidativnog stresa, ključne faktore u poboljšanju izdržljivosti, snage i ukupnih sportskih performansi (Min et al., 2021).

Također, kroz modulaciju upalnih procesa, povremeni post može doprinijeti smanjenju kronične inflamacije, čime se ne samo poboljšava opće zdravlje, već i smanjuje rizik od sportskih ozljeda i potiče brži oporavak. S obzirom na ove multifaktorske učinke, povremeni post predstavlja zanimljivu strategiju za sportaše koji teže maksimizaciji svojih performansi i optimizaciji zdravlja. Implementacija povremenog posta zahtijeva pažljivu konsultaciju s nutricionistima i trenerima kako bi se osiguralo da prehrambeni režim podržava, a ne kompromitira, atletske ciljeve i dobrobit sportaša.

Povremeni post nudi sportašima konkretnu strategiju za upravljanje tjelesnom masom i optimizaciju energetske zaliha, što je posebno važno u sportovima gdje kategorije težine ili maksimalna snaga igraju ulogu u performansama. Prilagodbom prehranbenih prozora, sportaši mogu bolje kontrolirati svoju tjelesnu težinu bez žrtvovanja mišićne mase, omogućavajući precizniju pripremu za natjecanja. Osim toga, metabolička prilagodba na povremeni post može poboljšati mentalnu jasnoću i fokus, vitalne komponente za takmičarski uspjeh. Ove kognitivne prednosti proizlaze iz optimiziranog energetskeg metabolizma i mogu pomoći sportašima da ostanu mentalno prisutni i reagiraju tijekom dugih i zahtjevnih natjecateljskih perioda (Mandal et al., 2022).

Međutim, primjena povremenog posta u sportskom kontekstu zahtijeva pažljivo planiranje i individualizaciju. Različiti sportovi imaju različite energetske i nutritivne zahtjeve, stoga je važno osigurati da režimi posta podržavaju specifične ciljeve treninga i oporavka. Osim toga, integracija povremenog posta u prehranbene strategije sportaša mora uzeti u obzir individualne varijacije u metabolizmu i odgovoru na post, kao i potrebu za očuvanjem nutricionističke ravnoteže i dovoljnog unosa ključnih hranjivih tvari (Conde-Pipó et al., 2024). Kroz strukturirani pristup i suradnju s nutricionistima specijaliziranim za sportsku prehranu, povremeni post može postati važan element u optimizaciji stanja sportaša.

Primjena povremenog posta kod sportaša nosi sa sobom potencijal za značajne prednosti, no istovremeno zahtijeva pažljivo razmatranje mogućih rizika. Jedan od ključnih izazova jest osiguranje adekvatnog unosa hranjivih tvari unutar ograničenih vremenskih okvira za jelo. Nepravilno planiranje može dovesti do nedostatka ključnih vitamina, minerala i proteina, što može utjecati na oporavak mišića, imunološki sustav i općenito zdravlje sportaša. Dodatno, postoji rizik od negativnog utjecaja na trening visokog intenziteta, gdje tijelo zahtijeva dovoljne količine energije iz dostupnih izvora, poput glukoze. Sportaši koji prakticiraju povremeni post mogu doživjeti umanjene energetske dostupnosti, što može umanjiti njihovu sposobnost da održe intenzitet i volumen treninga potreban za maksimalne performanse (Laza, 2020).

U konačnici, povremeni post predstavlja obećavajući pristup u kontekstu sporta, s potencijalom za poboljšanje tjelesnog sastava, metaboličke efikasnosti, i mentalne oštine. Ipak, njegova implementacija zahtijeva duboko razumijevanje i pažljivo planiranje kako bi se izbjegli mogući rizici i optimizirali potencijalni benefiti. Individualizirani pristup, koji uzima

u obzir specifične energetske potrebe, ritam treninga, i opće zdravstveno stanje sportaša, ključan je za uspješnu integraciju povremenog posta u sportsku rutinu.

Suradnja s iskusnim sportskim nutricionistima može pomoći u osmišljavanju plana prehrane koji podržava ciljeve treninga dok minimizira potencijalne rizike, omogućavajući sportašima da iskoriste sve prednosti povremenog posta bez ugrožavanja njihove izvedbe ili zdravlja. Ovaj pristup omogućava holističko razmatranje povremenog posta ne samo kao dijetalne strategije, već i kao dio sveobuhvatnog plana za optimizaciju atletskih performansi i dugoročnog zdravlja.

5. PRAKTIČNA PRIMJENA U KONDICIJSKOJ PRIPREMI

Praktična primjena u kondicijskoj pripremi sportaša postaje sve relevantnija kako se povećava razumijevanje bioloških procesa poput autofagije i povremenog posta. Ovi procesi nude brojne prednosti kada su pravilno integrirani u sportsku praksu, od poboljšanja energetske efikasnosti i bržeg oporavka, do optimizacije tjelesne težine i performansi. Ovaj dio rada fokusira se na tri ključna aspekta kako bi se osiguralo da su te strategije ne samo teoretski razumljive, te istražuje kako se povremeni post može strukturirati tako da podržava ciljeve treninga, ne narušavajući pri tome nutritivne potrebe sportaša. Isto tako analizira specifične primjere iz prakse u kojima su povremeni post i autofagija doprinijeli poboljšanju performansi u različitim sportskim disciplinama. Nadalje fokus je dan na iznalaženju optimalnog balansa koji omogućava sportašima da održe visoku razinu performansi uz minimiziranje rizika od ozljeda i prekomjernog umora.

5.1. Strategije implementacije povremenog posta u treninge i prehranu sportaša

U srži suvremenih pristupa treniranju i prehrani sportaša, povremeni post se izdvaja kao strategija koja obećava revolucionarnu promjenu. Ova prehrambena praksa, koja se temelji na alterniranju razdoblja konzumacije hrane s periodima posta, sve više dobiva na popularnosti među sportašima iz različitih disciplina. Njena sveprisutnost u sportskom svijetu nije tek prolazni trend, već odraz dubokog razumijevanja njezinih potencijalnih prednosti za optimizaciju tjelesne kompozicije, poboljšanje metaboličkog zdravlja, te pozitivan utjecaj na oporavak i sportsku izvedbu.

Konkretno, primjena metoda povremenog posta poput 16/8, gdje se hrana konzumira u osmosatnom prozoru vremena dok se preostali dio dana posti, ili 5:2 pristupa, gdje se dva dana u tjednu kalorijski unos znatno reducira, pruža fleksibilnost koja se može prilagoditi individualnim potrebama sportaša i njihovim specifičnim trening rasporedima. Ova prilagodljivost ključna je za integraciju povremenog posta u rutine sportaša, omogućavajući im da maksimiziraju svoje performanse bez kompromitiranja nutritivnih zahtjeva.

Istraživanje koje su proveli Conde-Pipó i suradnici (2024) ključno je u razumijevanju utjecaja povremenog posta na sportske performanse, ističući nekoliko mehanizama preko kojih ovaj prehrambeni pristup može imati pozitivan učinak. Poboljšana regulacija glukoze u krvi, povećana osjetljivost na inzulin, i poboljšana lipoliza ne samo da pridonose optimizaciji tjelesne masti, već i potiču održavanje ili čak poboljšanje mišićne mase. Ove prednosti su izuzetno važne za sportaše, jer direktno utječu na njihovu sposobnost da izvedu na najvišoj razini, uz istovremeno održavanje ili poboljšanje tjelesne kompozicije. Dodatno, prema ovom istraživanju, povremeni post može donijeti i antiinflamatorne učinke, te poboljšati različite pokazatelje zdravlja. Ova svojstva su posebno korisna za oporavak nakon napornih treninga i natjecanja, kao i za dugoročno održavanje visokih sportskih performansi. Antiinflamatorni učinci mogu smanjiti vrijeme potrebno za oporavak, dok poboljšani pokazatelji zdravlja doprinose općem blagostanju sportaša, omogućavajući im da održe konzistentnost u treningu i natjecanjima (Conde-Pipó i sur., 2024).

Međutim, uspješna implementacija povremenog posta u trening i prehranu sportaša nije bez izazova. Kako ističe studija Pérez-Montilla i suradnika (2022), ključno je pažljivo planiranje kako bi se osiguralo da energetske potrebe, nutritivni status, i opće zdravlje sportaša ne budu narušeni. Ova studija naglašava važnost individualizacije prehrambenih strategija, uzimajući u obzir specifičnosti sporta, fizičko stanje sportaša, te njihovu trenutnu i ciljanu tjelesnu kompoziciju. Individualizacija pristupa znači da strategija povremenog posta mora biti prilagođena specifičnim potrebama i ciljevima svakog sportaša. To uključuje razmatranje vrste sporta koji prakticiraju, njihovog trenutnog rasporeda treninga, fizioloških karakteristika, kao i mogućih metaboličkih odgovora na post. Ovakav prilagođeni pristup osigurava da se mogu maksimalno iskoristiti potencijalne prednosti povremenog posta, dok se istovremeno minimiziraju potencijalni rizici ili negativni učinci na sportsku izvedbu i opće zdravlje.

Uvođenje povremenog posta u svakodnevni režim sportaša nije jednostavan zadatak, te ono zahtijeva promišljanu primjenu i preciznu prilagodbu u skladu s trenutačnim fazama treninga. Ovaj proces periodizacije prehrane ključan je za harmonizaciju prehrambenih strategija s ciklusima treninga, osiguravajući da sportaši dobivaju potrebnu energiju i hranjive tvari u pravom trenutku. Za vrijeme intenzivnih treninga, kada tjelesne potrebe za energijom i oporavkom rastu, preporučuje se prilagodba režima povremenog posta kako bi se zadovoljile ove povećane potrebe. Ovo može uključivati skraćivanje perioda posta ili smanjenje

učestalosti postnih dana, omogućujući time tijelu pristup ključnim nutrijentima koji potpomažu izvedbu i oporavak.

S druge strane, tijekom faza manjeg intenziteta treninga ili odmora, povremeni post može služiti kao efikasan alat za optimizaciju tjelesne kompozicije i poboljšanje metaboličkih parametara. Ove periode karakterizira smanjena potreba za trenutnom energijom, čineći ih idealnim za primjenu posta u svrhu poticanja tijela na korištenje pohranjenih masnih zaliha kao izvora energije, čime se potiče gubitak masnog tkiva uz očuvanje mišićne mase.

Eroglu i suradnici (2023) ističu da uspjeh ove strategije leži u ravnoteži između zadovoljavanja energetske potrebe tijela i ograničenja koja postavlja povremeni post. Jedan od ključnih elemenata ove ravnoteže je osiguravanje adekvatnog unosa proteina. Proteini su esencijalni za održavanje i rast mišićne mase, a njihov dovoljan unos posebno je važan u kontekstu povremenog posta gdje postoji rizik od catabolizma mišićnog tkiva tijekom produženih perioda bez unosa hrane. Strategičko planiranje unosa proteina, stoga, postaje imperativ, gdje je preporučljivo usmjeriti konzumaciju proteina u okviru prehranbenog prozora, posebno nakon treninga, kako bi se maksimizirao oporavak i sinteza mišićnih proteina.

Ova precizna periodizacija i prilagodba prehranbenih strategija odražavaju složenost integracije povremenog posta u život sportaša. Kako Conde-Pipó i suradnici (2024) navode, povremeni post može imati pozitivan utjecaj na sportske performanse, ali samo ako je pravilno strukturiran i prilagođen individualnim potrebama i fazi treninga. Pravilnim balansiranjem energetske potrebe s prehranbenim ograničenjima, sportaši mogu iskoristiti potencijalne prednosti povremenog posta za poboljšanje svoje tjelesne kompozicije, metaboličkog zdravlja, te sportskih performansi, istovremeno minimizirajući rizike povezane s nedostatkom hranjivih tvari i potencijalnim negativnim utjecajem na oporavak i izvedbu.

5.2. Slučajevi korištenja povremenog posta i autofagije u različitim sportovima

Povremeni post i autofagija ne samo da predstavljaju značajne teme u svijetu znanosti o sportu, već su postali i integralni dio strategija treninga i oporavka sportaša. Ove tehnike se koriste za optimizaciju tjelesne kompozicije, kao što je smanjenje masnog tkiva uz očuvanje mišićne mase, kao i za poboljšanje energetskog metabolizma, što je ključno za sportaše koji se bave disciplinama gdje su ovi faktori presudni za uspjeh.

Povremeni post, koji opisuju Tinsley i suradnici (2015), može varirati u svojim metodama od popularne 16/8 metode, gdje se posti 16 sati s 8-satnim prozorom za jelo, do ekstremnijih oblika poput 24-satnog ili čak duljeg posta. Ove metode se biraju ovisno o specifičnim zahtjevima i ciljevima pojedinog sportaša, a ključno je razumjeti kako različiti režimi posta utječu na tjelesnu funkciju. Na primjer, sportaši u sportovima gdje kategorija težine igra ključnu ulogu mogu koristiti kraće periode posta kako bi precizno kontrolirali svoju težinu prije natjecanja, dok oni u izdržljivostim sportovima mogu koristiti dulje periode kako bi potaknuli veću efikasnost u korištenju pohranjene masti kao izvora energije.

Autofagija, kako objašnjavaju Sebastián i Zorzano (2020), je proces tijekom kojeg stanice jedu svoje vlastite dijelove, uklanjajući oštećene komponente i reciklirajući ih za daljnju upotrebu. Ovaj mehanizam je od vitalnog značaja za održavanje energetske efikasnosti i općeg zdravlja stanica, što je posebno bitno u kontekstu sportaša. Procesi autofagije omogućavaju brže i učinkovitije oporavljanje mišića nakon napornih treninga, smanjujući rizik od ozljeda i umora. Također, autofagija može pomoći u upravljanju upalama i oksidativnim stresom, što su česti problemi kod vrhunskih sportaša koji se često suočavaju s intenzivnim fizičkim naporima.

Sve u svemu, kombinacija povremenog posta i indukcije autofagije može značajno doprinijeti optimizaciji performansi i oporavku sportaša. Međutim, važno je naglasiti da primjena ovih strategija mora biti prilagođena individualnim potrebama i pod strogim nadzorom stručnjaka kako bi se izbjegli potencijalni negativni učinci i osiguralo da koristi prevladavaju nad rizicima.

U sportovima gdje je upravljanje tjelesnom masom iznimno važno, primjena povremenog posta postaje sveprisutna praksa među atletičarima koji traže učinkovite metode za optimizaciju svoje fizičke forme bez negativnih učinaka na mišićnu snagu i performanse. Borilački sportovi i gimnastika su primjeri gdje kontrola težine može biti ključna za uspjeh, a povremeni post se koristi kao taktika za postizanje željene tjelesne mase uz očuvanje snage i agilnosti. Ova metoda postaje nezaobilazan alat u arsenalu sportaša, gdje Brady i suradnici (2021) bilježe kako pristup 16:8, gdje se posti 16 sati s 8-satnim prozorom za obroke, može značajno doprinijeti održavanju energije i izdržljivosti. Ovaj režim omogućava sportašima da održavaju visoku razinu energije potrebnu za intenzivne treninge i natjecanja, čime se direktno podupire njihova sportska izvedba i sposobnost oporavka.

Međutim, u sportovima kao što su sprinterske discipline, gdje je potrebna visoka razina energije u kratkim vremenskim intervalima, primjena povremenog posta može imati dvojaku ulogu. Istraživanje koje su proveli Terada i suradnici (2019) ukazuje na to da iako povremeni post može negativno utjecati na intenzitet i volumen treninga zbog ograničenog unosa energije u kritičnim trenucima, on može istodobno poboljšati aerobnu izdržljivost na visokim intenzitetima. Ovo je značajno otkriće jer sugerira da bi strategije povremenog posta mogle biti prilagođene specifičnim potrebama sportaša, ovisno o njihovim disciplinama. Treneri i nutricionisti mogu iskoristiti ove informacije kako bi finije podešavali prehrabene planove svojih sportaša, usmjeravajući se na maksimiziranje koristi od povećane aerobne izdržljivosti, dok istovremeno minimiziraju potencijalne negativne učinke na performanse u treninzima visokog intenziteta.

Ova dva primjera ilustriraju kompleksnost i nužnost prilagođene primjene povremenog posta u različitim sportskim disciplinama. Dokazuje se da nije riječ samo o univerzalnom pristupu prehrani, već o metodi koja zahtijeva duboko razumijevanje i prilagodbu individualnim potrebama sportaša, s ciljem optimizacije performansi i postizanja sportske izvrsnosti.

Autofagija, fundamentalni biološki proces koji uključuje degradaciju i recikliranje staničnih komponenti, igra nezamjenjivu ulogu u održavanju mišićnog zdravlja i funkcije, posebice u kontekstu sportaša. Tijekom intenzivnih treninga, mišićne stanice podložne su značajnom stresu i oštećenjima, što može rezultirati povećanjem upalnih procesa i potrebom za njihovom reparacijom. U ovom procesu, autofagija služi kao ključni mehanizam za uklanjanje oštećenih proteina i organela, čime se smanjuje upala i poboljšava oporavak mišićnog tkiva. Ovaj mehanizam nije samo vitalan za individualne treninge, već je od presudne važnosti u sportovima koji zahtijevaju brz oporavak između sesija treninga ili natjecanja, omogućujući sportašima da održe visoku razinu performansi s minimalnim vremenskim intervalima za oporavak (Terada i sur., 2019)

Štoviše, kulturalne i vremenske varijacije u primjeni posta pružaju dodatni uvid u kako prilagodba prehrabnenih obrazaca može optimalno iskoristiti prednosti autofagije. Na primjer, studija Hammouda i suradnika (2013) istraživala je kako ramazanski post utječe na metaboličke parametre i izvedbu nogometaša tijekom aerobnih vježbi. Rezultati su pokazali da, unatoč potencijalnim izazovima koje postavlja post, kao što su dehidracija i varijacije u unosu energije, prilagođavanje vremena obroka i intenziteta treninga može umanjiti negativne

učinke i čak poboljšati aerobnu izvedbu. Ovo ukazuje na to da vremenski raspored i priroda posta mogu biti ključni faktori u optimizaciji performansi, posebice u sportovima gdje su energetske potrebe visoko varijabilne i gdje pravilna energetska dostupnost može značajno utjecati na izvedbu.

Takva spoznaja otvara prostor za daljnja istraživanja i primjenu povremenog posta u različitim kulturalnim i sportskim kontekstima, sugerirajući da bi sportski nutricionisti i treneri trebali razmotriti ove varijable prilikom dizajniranja prehranbenih i trening programa za sportaše. Uzimajući u obzir različite potrebe i uvjete, prilagođavanje posta i iskorištavanje mehanizama kao što je autofagija mogu pružiti sportašima značajne prednosti, od poboljšanja oporavka do optimizacije ukupne sportske izvedbe.

5.3. Preporuke za balansiranje prehrane, treninga i oporavka

Za postizanje optimalnih sportskih performansi, integrirani pristup prehrani, treningu i oporavku postaje sve važniji. Suvremeni sportaši i treneri sve više prepoznaju važnost balansiranja ovih ključnih komponenti kako bi se maksimizirala učinkovitost treninga, poboljšala tjelesna kompozicija i osigurao brz oporavak.

Balansiranje prehrane, treninga i oporavka temelji se na razumijevanju kako različiti prehranbeni unos može podržati specifične faze treninga i oporavka. Kako navode Russell i Parnell (2020), integrirani pristup omogućava sportašima da optimiziraju svoj energetske unos, makronutrijente i hidrataciju kako bi podržali svoje treninge, natjecanja i oporavak.

U modernom sportu, nutricionistička podrška igra ključnu ulogu u optimizaciji oporavka nakon napornih treninga ili natjecanja. Bonilla i suradnici (2020) razvili su integrirani nutricionistički model pod nazivom 4R koji obuhvaća četiri ključna elementa oporavka: Rehydrate (rehidracija), Refuel (ponovno punjenje energije), Repair (popravljanje mišića), i Revitalize (revitalizacija). Ovaj model naglašava kako je za brzi i efikasan oporavak potrebno strategijski upravljati unosom tekućina, ugljikohidrata i proteina, kao i ostalih nutrijenata koji revitaliziraju tijelo i um (Russell i Parnell, 2020).

Rehidracija je prvi korak u oporavku, pri čemu je ključno nadoknaditi tekućinu izgubljenu znojenjem tijekom fizičke aktivnosti. Bez adekvatne hidratacije, sposobnost tijela za izvršavanje bilo koje daljnje aktivnosti je značajno smanjena, što može dovesti do umora i

smanjene efikasnosti. Refuel faza uključuje konzumaciju ugljikohidrata kako bi se obnovile zalihe glikogena u mišićima, što je posebno važno u sportovima koji zahtijevaju dugotrajnu ili ponavljajuću visoko-intenzivnu aktivnost.

Faza *Repair* fokusira se na unos proteina, ključnih za popravak i rast mišićnog tkiva koje je oštećeno tijekom vježbanja. Proteini ne samo da pomažu u obnovi mišićnih vlakana, već i moduliraju upalne procese, pomažući tijelu da efikasnije upravlja upalom koja se često javlja nakon intenzivnih treninga. Revitalizacija, posljednji korak, uključuje strategije za potporu općem oporavku tijela, uključujući i mentalno zdravlje, što može uključivati dodatke prehrani, kao što su vitamini i minerali, koji podupiru imunološki sustav i opću vitalnost (Russell i Parnell, 2020).

Mielgo-Ayuso i Fernández-Lázaro (2021) istražuju nutricionističke aspekte mišićnog oporavka, naglašavajući važnost balansiranog unosa proteina, antioksidansa i drugih nutrijenata. Adekvatna prehrana ne samo da ubrzava proces oporavka, već i smanjuje rizik od ozljeda. Ovo je izuzetno važno u sportovima gdje su učestali visoko-intenzivni treninzi i natjecanja, gdje brz oporavak može značajno utjecati na ukupne performanse i sposobnost sportaša da održava visoku razinu treninga (Mielgo-Ayuso i Fernández-Lázaro, 2021).

Proteini, kao esencijalni graditelji mišića, imaju centralnu ulogu u popravku mišićnog tkiva. Aminokiseline, koje su sastavni dijelovi proteina, neophodne su za sintezu novih mišićnih vlakana i popravak oštećenih. Antioksidansi, s druge strane, pomažu u neutralizaciji slobodnih radikala koji se proizvode tijekom intenzivne vježbe, smanjujući time oksidativni stres i pomažući u bržem oporavku. U svijetu sportskih performansi, pravilna prehrana ne samo da potiče optimalno funkcioniranje tijela, već i omogućava sportašima da maksimalno iskoriste svoj potencijal tijekom treninga i natjecanja. Martín-Rodríguez i suradnici (2024) detaljno istražuju kako personalizirani prehrambeni planovi igraju ključnu ulogu u postizanju vrhunskih sportskih rezultata. Njihova studija ističe da usklađivanje prehrane s individualnim potrebama sportaša može dramatično poboljšati njihovu tjelesnu kompoziciju, snagu i izdržljivost.

Pristup koji promiču Martín-Rodríguez i suradnici temelji se na preciznom prilagođavanju makro i mikronutrijenata, te energetske unosa prema specifičnim zahtjevima sporta i trenutnih fizičkih karakteristika sportaša. Na primjer, sportaši u disciplinama koje zahtijevaju eksplozivnu snagu možda će trebati veći unos proteina za izgradnju i održavanje mišićne mase, dok oni učestvujući u izdržljivostnim aktivnostima trebaju osigurati dovoljne

zalihe ugljikohidrata kako bi održali visoku razinu energije. Personalizacija prehrane omogućava ne samo optimizaciju tjelesne mase već i poboljšanje metaboličke efikasnosti, što može rezultirati boljom izvedbom i bržim oporavkom.

S druge strane, rad Alghannama, Ghaitha i Alhussaina (2021) fokusira se na metaboličku regulaciju tijekom izdržljivostnih vježbi, što je ključno za razumijevanje kako različiti izvori energije utječu na performanse. Njihova istraživanja pokazuju da pravilna uporaba različitih energetskih supstrata poput masti i ugljikohidrata može značajno utjecati na izdržljivost sportaša. Optimalno korištenje tih supstrata ovisi o prilagodbi prehrambenih strategija koje maksimiziraju raspoloživost i učinkovitost korištenja energije tijekom dugotrajnih aktivnosti.

U svjetlu njihovih nalaza, prehrambene strategije mogu biti dizajnirane tako da povećaju kapacitet tijela za oksidaciju masti, što može biti posebno korisno tijekom dugotrajnih izdržljivostnih disciplina. Na primjer, povećanje unosa određenih vrsta masti i smanjenje ovisnosti o ugljikohidratima može pomoći u produljenju energetske izdržljivosti i smanjenju potrebe za čestim obnavljanjem glikogenskih zaliha (Alghannam, Ghaith i Alhussain, 2021).

Ovi uvidi pokazuju da prehrambene strategije trebaju biti pažljivo planirane i prilagođene kako bi se zadovoljile energetske potrebe različitih vrsta sportova, s posebnim naglaskom na pravilnom vremenskom usklađivanju i omjerima nutrijenata. Integracija ovakvih detaljnih prehrambenih pristupa omogućava sportašima da ostvare maksimalne rezultate, optimizirajući njihovu izvedbu i osiguravajući da njihovo tijelo ima sve potrebne resurse za postizanje i održivost.

U kontekstu visokointenzivnih sportova, poput sprinterskih disciplina, pravilno prilagođeni prehrambeni unos može imati dramatičan utjecaj na sposobnost sportaša da se prilagodi treningu i optimizira izvedbu. Istraživanje koje su proveli Slater, Sygo i Jorgensen (2019) dubinski se bavi ovom temom, ističući kako ciljani dijetalni pristupi mogu značajno poticati mišićne adaptacije koje su ključne za poboljšanje brzine i snage, što je esencijalno u sprinterskim disciplinama.

Rad spomenutih autora pokazuje da precizno kalibriran unos nutrijenata, osobito visokokvalitetnih proteina i određenih vrsta ugljikohidrata, može ubrzati procese oporavka i povećati efikasnost mišićnih kontrakcija. Ovaj pristup uključuje stratešku konzumaciju ugljikohidrata visokog glikemijskog indeksa odmah nakon treninga za brzo nadopunjavanje

glikogenskih zaliha, kao i redovitu konzumaciju proteina kako bi se osigurala kontinuirana sinteza proteina i minimiziralo razgradnju mišićnog tkiva. Dodatno, adekvatan unos elektrolita i fluida ključan je za održavanje hidracije i elektrolitskog balansa, što može značajno utjecati na mišićnu funkciju i spriječiti umor tijekom kratkih, eksplozivnih napora (Slater, Sygo i Jorgensen, 2019).

Integracija navedenih dijetalnih strategija u svakodnevnu praksu sportaša od vitalne je važnosti za ostvarivanje vrhunskih rezultata. Kontinuirana evaluacija i prilagodba prehrambenih planova, u suradnji s nutricionistima i trenerima, omogućavaju sportašima da bolje usklade svoje prehrambene potrebe s treninzima i fazama oporavka. Ovo ne samo da pomaže u postizanju kratkoročnih ciljeva u pogledu izvedbe, već i podržava dugoročno zdravlje i dobrobit sportaša, osiguravajući da su njihova tijela uvijek spremna za zahtjeve koji se pred njih postavljaju.

U ovom kontekstu, prilagođavanje prehrambenih strategija specifičnim potrebama i disciplinama postaje temelj za uspjeh u sportu. To ne samo da potiče optimalne fizičke performanse već i omogućava brži oporavak, što je presudno za sportaše u disciplinama koje zahtijevaju visoku razinu snage i izdržljivosti. Dakle, sportska prehrana, kada je pravilno implementirana, djeluje kao katalizator koji sportašima omogućava da dostignu i održe svoj maksimalni potencijal.

6. ZAKLJUČAK

U radu je analizirana i istražena složena interakcija između autofagije i povremenog posta, te njihov utjecaj na kondicijsku pripremu sportaša. Studije su pokazale značajne implikacije koje ovi biološki procesi imaju na sportske performanse, oporavak mišića te općenito na zdravlje sportaša. Razumijevanje tih procesa ključno je za optimizaciju treninga i prehrane sportaša, a rezultati istraživanja sugeriraju da integracija znanja o autofagiji i povremenom postu može značajno poboljšati učinkovitost sportskih programa.

Autofagija, proces u kojem stanice razgrađuju i recikliraju svoje oštećene ili suvišne komponente, igra ključnu ulogu u održavanju zdravlja mišićnih stanica. Uklanjanjem oštećenih organela i proteina, autofagija doprinosi efikasnijem oporavku mišića. Ovaj proces nije samo mehanizam za održavanje stanične čistoće i funkcionalnosti, već i sredstvo za smanjenje rizika od upalnih procesa koji mogu nastati zbog akumulacije oštećenih staničnih struktura. Sportaši, posebno oni koji se bave intenzivnim treninzima, mogu imati iznimnu korist od redovite indukcije autofagije, jer to može značajno poboljšati izdržljivost mišića i ubrzati njihov oporavak. Također, redovna indukcija autofagije može indirektno doprinijeti poboljšanju sportskih performansi kroz optimizaciju funkcionalnog kapaciteta mišićnih stanica i smanjenje vremena potrebnog za oporavak.

Stoga, integrirajući povremeni post kao strategiju koja može stimulirati autofagiju, sportaši i njihovi treneri mogu iskoristiti ovaj biološki proces kako bi potaknuli bolju fizičku pripremljenost i izvedbu. Povremeni post može aktivirati puteve koji potiču autofagiju, nudeći potencijalni mehanizam za povećanje adaptacijske sposobnosti tijela na fizički stres i izazove, čime se poboljšavaju performanse i zdravlje sportaša. Uzimajući u obzir ove činjenice, važno je nastaviti s istraživanjima koja će dalje razjasniti kako se povremeni post može najučinkovitije koristiti u sportu, uz pažljivu evaluaciju svih potencijalnih koristi i rizika njegove primjene.

Povremeni post pokazuje se kao snažan poticaj za aktivaciju autofagije, procesa ključnog za održavanje i obnovu stanica u tijelu sportaša. Kada sportaši prakticiraju povremeni post, ograničavajući unos kalorija u određenim intervalima, dolazi do smanjenja energetske resursa što potiče stanice da aktiviraju autofagiju. Ovaj mehanizam pomaže u recikliranju oštećenih i nepotrebnih komponenti unutar stanica, oslobađajući aminokiseline i masne kiseline koje se mogu ponovno iskoristiti za energiju ili obnovu. Takva optimizacija

energetske efikasnosti ključna je za sportaše, jer ne samo da potiče bolju adaptaciju na visoke zahtjeve treninga, već i omogućuje brži oporavak nakon intenzivnih aktivnosti. Primjena povremenog posta može rezultirati povećanom izdržljivošću, boljom otpornošću mišića na umor i smanjenjem vremena potrebnog za oporavak.

Implementacija povremenog posta u režime treninga i prehrane sportaša može donijeti brojne prednosti, kao što su bolja regulacija tjelesne težine i poboljšana metabolizacija glukoze i lipida. Također, povremeni post može povećati otpornost sportaša na psihološki i fizički stres, što je izuzetno korisno tijekom dugih i zahtjevnih sportskih sezona. Međutim, uz prednosti, povremeni post nosi i određene rizike. Neadekvatno strukturiran post može dovesti do nedovoljnog unosa ključnih nutrijenata, što može rezultirati negativnim posljedicama poput smanjenja mišićne mase, povećanog osjećaja umora i općenito slabijih performansi. Stoga je ključno da se povremeni post prilagođava individualnim energetske potrebama i rasporedu aktivnosti svakog sportaša. Pravilno nadgledanje i prilagodba prehrambenih planova mogu pomoći u minimiziranju rizika i maksimiziranju koristi od povremenog posta, što je od suštinske važnosti za održavanje visokog nivoa performansi i općeg zdravstvenog stanja sportaša.

Ovaj pristup zahtijeva detaljno razumijevanje kako se energetske sustavi tijela ponašaju tijekom posta i oporavka, te kako različiti obrasci prehrane utječu na fizičku i mentalnu spremnost sportaša. Suradnja sa stručnjacima za sportsku medicinu i nutricionistima može osigurati da se povremeni post koristi na način koji je optimalan za specifične potrebe i ciljeve svakog sportaša.

Za daljnje istraživanje preporučuje se detaljnija analiza specifičnih protokola povremenog posta i njihovih učinaka na različite tipove sportskih aktivnosti, kako bi se optimizirali protokoli posta za specifične sportove. Također, potrebno je istražiti dugoročne učinke ovih praksi na sportsku izdržljivost i zdravlje sportaša.

Jasno je da integrirani pristup koji uključuje primjenu znanja o autofagiji i povremenom postu može značajno obogatiti strategije kondicijske pripreme. U ovom kontekstu, prilagođavanje prehrambenih strategija specifičnim potrebama i disciplinama postaje temelj za uspjeh u sportu. To ne samo da potiče optimalne fizičke performanse već i omogućava brži oporavak, što je presudno za sportaše u disciplinama koje zahtijevaju visoku razinu snage i izdržljivosti. Dakle, sportska prehrana, kada je pravilno implementirana, djeluje kao katalizator koji sportašima omogućava da dostignu i održe svoj maksimalni potencijal.

LITERATURA

1. Anic, K., Schmidt, M. W., Furtado, L., Weidenbach, L., Battista, M. J., Schmidt, M., Schwab, R., Brenner, W., Ruckes, C. i Lotz, J. (2022). Intermittent fasting—Short- and long-term quality of life, fatigue, and safety in healthy volunteers: A prospective, clinical trial. *Nutrients*, 14, 4216. <https://doi.org/10.3390/nu14194216>
2. Brocchi, A., Rebelos, E., Dardano, A., Mantuano, M. i Daniele, G. (2022). Effects of intermittent fasting on brain metabolism. *Nutrients*, 14, 1275. <https://doi.org/10.3390/nu14061275>
3. Cao, W., Li, J., Yang, K. i Cao, D. (2021). An overview of autophagy: Mechanism, regulation and research progress. *Bulletin du Cancer*, 108(3), 304-322. <https://doi.org/10.1016/j.bulcan.2020.11.004>
4. Conde-Pipó, J., Mora-Fernandez, A., Martinez-Bebia, M., Gimenez-Blasi, N., Lopez-Moro, A., Latorre, J.A., Almendros-Ruiz, A., Requena, B. i Mariscal-Arcas, M. (2024). Intermittent fasting: Does it affect sports performance? A systematic review. *Nutrients*, 16(1), 168. <https://doi.org/10.3390/nu16010168>
5. Correia, J., Santos, I., Pezarat-Correia, P. i Minderico, C.S. (2020). Effects of intermittent fasting on specific exercise performance outcomes: A systematic review including meta-analysis. *Nutrients*, 12(5), 1390. <https://doi.org/10.3390/nu12051390>
6. Elsworth, R.L., Monge, A., Perry, R., Hinton, E.C., Flynn, A.N., Whitmarsh, A., Hamilton-Shield, J.P., Lawrence, N.S. i Brunstrom, J.M. (2023). The effect of intermittent fasting on appetite: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 15, 2604. <https://doi.org/10.3390/nu15112604>
7. Eroglu, M.N., Rodríguez-Longobardo, C., Ramírez-Adrados, A., Colina-Coca, C., Burgos-Postigo, S., López-Torres, O. i Fernández-Elías, V.E. (2023). The effects of 24-h fasting on exercise performance and metabolic parameters in a pilot study of female CrossFit athletes. *Nutrients*, 15, 4841. <https://doi.org/10.3390/nu15224841>
8. Henry, M. L. (2022). Effects of intermittent fasting in the form of 16:8 time-restricted eating on nutrient intakes, body composition, and indices of running performance in endurance athletes.
9. Herz, D., Karl, S., Weiß, J., Zimmermann, P., Haupt, S., Zimmer, R.T., Schierbauer, J., Wachsmuth, N.B., Erlmann, M.P. i Niedrist, T. (2024). Effects of different types of intermittent fasting interventions on metabolic health in healthy individuals (EDIF): A randomised trial with a controlled-run in phase. *Nutrients*, 16, 1114. <https://doi.org/10.3390/nu16081114>
10. Hottenrott, K., Werner, T., Hottenrott, L., Meyer, T.P. i Vormann, J. (2020). Exercise training, intermittent fasting and alkaline supplementation as an effective strategy for body weight loss: A 12-week placebo-controlled double-blind intervention with overweight subjects. *Life*, 10(5), 74. <https://doi.org/10.3390/life10050074>
11. James, D.L., Hawley, N.A., Mohr, A.E., Hermer, J., Ofori, E. i Sears, D.D. (2024). Impact of intermittent fasting and/or caloric restriction on aging-related outcomes in adults: A scoping review of randomized controlled trials. *Nutrients*, 16, 316. <https://doi.org/10.3390/nu16020316>

12. Kaufman, M., Nguyen, C., Shetty, M., Opezzo, M., Barrack, M. i Fredericson, M. (2023). Popular dietary trends' impact on athletic performance: A critical analysis review. *Nutrients*, 15, 3511. <https://doi.org/10.3390/nu15163511>
13. Laza, V. (2020). Intermittent fasting in athletes: PROs and CONs. *Health, Sports & Rehabilitation Medicine*, 21(1), 52–58.
14. Levy, E. i Chu, T. (2019). Intermittent fasting and its effects on athletic performance: A review. *American College of Sports Medicine*, 18(7). Retrieved from https://www.sportsrd.org/wp-content/uploads/2019/12/Intermittent_fasting_and_its_effects_on_athletic_performance- a_review.pdf
15. Margină, D.M. i Drăgoi, C.M. (2023). Intermittent fasting on human health and disease. *Nutrients*, 15, 4491. <https://doi.org/10.3390/nu15214491>
16. Martínez-Rodríguez, A., Rubio-Arias, J.A., García-De Frutos, J.M., Vicente-Martínez, M. i Gunnarsson, T.P. (2021). Effect of high-intensity interval training and intermittent fasting on body composition and physical performance in active women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 6431. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126431>
17. Mishra, S., Persons, P.A., Lorenzo, A.M., Chaliki, S.S. i Bersoux, S. (2023). Time-restricted eating and its metabolic benefits. *Journal of Clinical Medicine*, 12, 7007. <https://doi.org/10.3390/jcm12227007>
18. Mohamed, Y.A., Abouelmagd, M., Elbially, A., et al. (2024). Effect of intermittent fasting on lipid biokinetics in obese and overweight patients with type 2 diabetes mellitus: Prospective observational study. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 16, 4. <https://doi.org/10.1186/s13098-023-01234-3>
19. Morales-Suarez-Varela, M., Collado Sánchez, E., Peraita-Costa, I., Llopis-Morales, A. i Soriano, J.M. (2021). Intermittent fasting and the possible benefits in obesity, diabetes, and multiple sclerosis: A systematic review of randomized clinical trials. *Nutrients*, 13, 3179. <https://doi.org/10.3390/nu13093179>
20. Moro, T., Tinsley, G., Longo, G., et al. (2020). Time-restricted eating effects on performance, immune function, and body composition in elite cyclists: A randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17, 65. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00396-z>
21. Nain, S., Jain, A. i Kumar, K. (2020). Intermittent fasting (IF): An approach to a healthy body. *Journal of Biological Engineering Research and Review*, 7(1), 24-32.
22. Özbay, S., Ulupınar, S., Gençoğlu, C., Ouergui, I., Öget, F., Yılmaz, H.H., Kishali, N.F., Kıyıcı, F., Asan, S., Uçan, İ., & Ardigò, L.P. (2024). Effects of Ramadan intermittent fasting on performance, physiological responses, and bioenergetic pathway contributions during repeated sprint exercise. *Frontiers in Nutrition*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1322128>
23. Parzych, K.R. i Klionsky, D.J. (2014). An overview of autophagy: Morphology, mechanism, and regulation. *Antioxidants & Redox Signaling*, 20(3), 460-473. <https://doi.org/10.1089/ars.2013.5371>
24. Patterson, R. E., Laughlin, G. A., LaCroix, A. Z., Hartman, S. J., Natarajan, L., Senger, C. M., Martínez, M. E., Villaseñor, A., Sears, D. D., Marinac, C. R. i Gallo, L. C. (2015). Intermittent fasting and human metabolic health. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(8), 1203-1212. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.02.018>

25. Patterson, R. E. i Sears, D. D. (2017). Metabolic effects of intermittent fasting. *Annual Review of Nutrition*, 37, 371-393. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071816-064634>
26. Peos, J.J., Norton, L.E., Helms, E.R., Galpin, A.J. i Fournier, P. (2019). Intermittent dieting: Theoretical considerations for the athlete. *Sports (Basel)*, 7(1), 22. <https://doi.org/10.3390/sports7010022>
27. Perez-Montilla, J.J., Cuevas-Cervera, M., Gonzalez-Muñoz, A., Garcia-Rios, M.C. i Navarro-Ledesma, S. (2022). Efficacy of nutritional strategies on the improvement of the performance and health of the athlete: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 4240. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074240>
28. Popa, A.D., Niță, O., Gherasim, A., Enache, A.I., Caba, L., Mihalache, L. i Arhire, L.I. (2023). A scoping review of the relationship between intermittent fasting and the human gut microbiota: Current knowledge and future directions. *Nutrients*, 15, 2095. <https://doi.org/10.3390/nu15092095>
29. Róžański, G., Pheby, D., Newton, J.L., Murovska, M., Zalewski, P. i Słomko, J. (2022). Effect of different types of intermittent fasting on biochemical and anthropometric parameters among patients with metabolic-associated fatty liver disease (MAFLD)—A systematic review. *Nutrients*, 14, 91. <https://doi.org/10.3390/nu14010091>
30. Rynders, C.A., Thomas, E.A., Zaman, A., Pan, Z., Catenacci, V.A. i Melanson, E.L. (2019). Effectiveness of intermittent fasting and time-restricted feeding compared to continuous energy restriction for weight loss. *Nutrients*, 11, 2442. <https://doi.org/10.3390/nu11102442>
31. Sandoval, C., Marion Villagran Silva, F., Santibañez, S i Vargas, C.A. (2021). Intermittent fasting, nutritional supplementation, and resistance training as a strategy for body weight loss: An update. *International Journal of Morphology*, 39(1), 172–178. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022021000100172>
32. Scarbrough, C. (2023). The effects of intermittent fasting on female athletes: A systematic review. <https://scholarsjunction.msstate.edu/td/5977>
33. Silva, A.I., Direito, M., Pinto-Ribeiro, F., Ludovico, P. i Sampaio-Marques, B. (2023). Effects of intermittent fasting on regulation of metabolic homeostasis: A systematic review and meta-analysis in health and metabolic-related disorders. *Journal of Clinical Medicine*, 12, 3699. <https://doi.org/10.3390/jcm12113699>
34. Stec, K., Pilis, K., Pilis, W., Dolibog, P., Letkiewicz, S., Głębocka, A. (2023). Effects of fasting on the physiological and psychological responses in middle-aged men. *Nutrients*, 15, 3444. <https://doi.org/10.3390/nu15153444>
35. Tang, D., Tang, Q., Huang, W., Zhang, Y., Tian, Y., Fu, X. (2023). Fasting: From physiology to pathology. *Advanced Science*, 2023. <https://doi.org/10.1002/advs.202204487>
36. Wang, Y. i Wu, R. (2022). The effect of fasting on human metabolism and psychological health. *Disease Markers*, 2022, Article ID 5653739. <https://doi.org/10.1155/2022/5653739>

37. Yang, Z. i Klionsky, D.J. (2009). An overview of the molecular mechanism of autophagy. *Current Topics in Microbiology and Immunology*, 335, 1-32. https://doi.org/10.1007/978-3-642-00302-8_1
38. Zang, B.-Y., He, L.-X. i Xue, L. (2022). Intermittent fasting: Potential bridge of obesity and diabetes to health? *Nutrients*, 14, 981. <https://doi.org/10.3390/nu14050981>
39. Zeng, M., Wan, W., Huang, M., Li, X., Xie, Z., Wang, S. i Cai, Y. (2023). The health-promoting effects and the mechanism of intermittent fasting. Article ID 4038546, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/4038546>
40. Zhang, Q., Zhang, C., Wang, H., Ma, Z., Liu, D., Guan, X., Liu, Y., Fu, Y., Cui, M. i Dong, J. (2022). Intermittent fasting versus continuous calorie restriction: Which is better for weight loss? *Nutrients*, 14, 1781. <https://doi.org/10.3390/nu14091781>

