

Pregledni naučni članak

ODLAGANJE POČETKA BOLA U MIŠIĆIMA KOD SPORTISTA SA ENERGETSKOM KRIZOM I MOGUĆNOSTI LEČENJA

UDK 612.74:796.07 ; 613.2:796.07

Desanka Filipović¹

Visoka sportska i zdravstvena škola, Beograd, Srbija

Kristina Vukušić

Visoka sportska i zdravstvena škola, Beograd, Srbija

Ivana Topalović

Visoka sportska i zdravstvena škola, Beograd, Srbija

Apstrakt: Iz iskustva mnogih atletičara, mišićni bol je udružen sa smanjenim obimom pokretljivosti, smanjenom snagom mišića i, prema tome, ima negativan uticaj na celokupno dostignuće u sportu. Sportisti često osećaju neodređen tišteći mišićni bol. Zahvaćeni mišići se osećaju napetim i bolnim. Kontrakcija se dešava kada se molekuli filamenata aktina i miosina spajaju jedni sa drugima, a relaksacija je situacija kada se oni odvajaju i udaljuju jedan od drugog (Cheung, Hume, 2003). Za proces odvajanja sarkomere trebaju veliku količinu energije adenosin triphosphata (ATP). U situaciji energetske krize, aktinska i miosinska vlakna bivaju zaglavljena u stanju zaključanosti. Tako formirane kontrakture u vidu nodula vrše kompresiju kapilara, ili ih potpuno zatvaraju sa potpunim prekidom cirkulacije. Tako kompromitovana cirkulacija odražava se na funkciju mitohondrija, sa nemogućnošću stvaranja ATP. Odsustvo ATP ostavlja sarkomere u stanju skraćenosti i kontrahovanosti, sa velikom količinom proinflamatornih medijatora i onih koji provociraju bolna stanja (Dommerholt, 2011). Rezultat svega toga je pojava bolnog sindroma mišića sa kasnim početkom od 24 do 48 sati, koja se predstavlja kao (DOMS). Nedostatak kiseonika stvara oksidativni stres u velikim mišićnim basenima, sa formiranjem velikog volumena slobodnih kiseoničkih radikala (ROS). Tekuće studije pokazuju da su sportisti pod velikim oksidativnim stresom, što sve sugerise da je veoma bitno da oni konzumiraju adekvatnu količinu antioksidanata (Benardot, 2010). Ne postoje definitivni

¹ ✉ desankafilipovic@vss.edu.rs

zaključci o uticaju antioksidanata na pojavu mišićnog bolnog sindroma, i u daljem radu o tome će biti diskutovano.

Ključne reči: *mišićna kiselost, energetska kriza, oksidativni stres od vežbanja, slobodni radikali, terapija suplementima*

UVOD

Praktična iskustva svih ljudi koji se bave intenzivno sportom pokazuju da postoji često bolni sindrom mišića kraće ili duže posle treninga sa promenljivim intenzitetom. Ovakva stanja praćena su sa smanjenjem obima pokretljivosti koji ti mišići obezbeđuju, kao i mišićne snage, što u krajnjem dovodi do smanjenja kapaciteta za dostignuća u sportu. Sportisti osećaju posle izvođenja treninga neodređeni tišteći mišićni bol sa osećajem napetosti mišića i bola u njemu koji se ispoljavaju najviše kad je mišić u akciji. Ovaj bol dostiže svoj vrhunac 24 do 48 sati posle intenzivnog treninga sa korišćenjem ekscentričnih opterećenja na mišićima. Ovakvo stanje kasne manifestacije bola, definiše se kao poseban entitet, kasni nastup mišićnog bola ili DOMS (Cheung, Hume, 2003). Tipično DOMS traje od tri do četiri dana. Praktično je udružen sa mikrorascepima određenih mišićnih vlakana koji sveukupno dovode do nenormalne istegljivosti mišića i njegove onesposobljenosti da funkcionišu u punom kapacitetu. DOMS nastaje u situaciji energetskeg deficit, tj. nedovoljnog stvaranja visoko energetskeg ATP, kada se mišić preplavljuje sa masom kiselih raspadnih produkata metabolizma, sa proinflatornim citokinima i citokinima koji vrše draženje nervnih završetaka i stvaraju senzaciju - osećaj bola (Dommerholt, 2011).

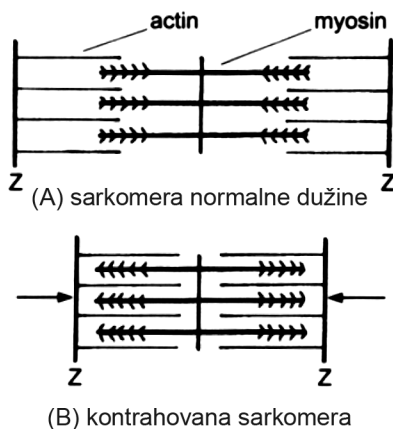
Ovaj bol treba razdvojiti od nastanka Triger point bola koji se formira u mišićnim vlaknima kod nefiziološke i iscrpljujuće funkcije, koji ostavlja posledičnu senzaciju bola samo na određenim mestima koji se palpacijom mogu definisati kao bolni noduli. To su mesta kumplungovanih kontrahovanih sarkomera koje ne mogu da se relaksiraju, i kao takve isključuju iz normalne kontraktilne funkcije mase mišićnih vlakana.

Za nastanak DOMS jako su odgovorni ekscentrični pokreti. Ovi pokreti se definišu kao stanja kada su u istom momentu u funkciji ekstensori i fleksori oko jednog zgloba, sa zadatkom da drže zglob u neutralnom položaju u opterećenju (Cheung, Hume, 2003). Npr. zamislite kako bole mišići natkolenica posle silaženja niz brdo za duži vremenski period, kada se događa ekscentrično izvlačenje mišića uz istovremenu kontrakciju, posebno m. vastus medialis. Ovakva produžena aktivnost mišića će rezultirati u propratni energetski deficit formiranja visokoenergetskih fosfata adenosin tri fosfata (ATP). Kao rezultat deficita ATP dešavaju se prvenstveno promene u funkcionisanju osnovnih kontraktilnih elemenata miofibrila tj. sarkomera (Bonica, Sola, 1990).

Elektrofiziologija mišićnih kontrakcija i mehanizam formiranja bolnog sindroma u mišićima

Zahvaljujući dostignućima i razvoju savremenih tehnoloških sistema, istraživači su bili u stanju da vizualizuju veoma sićušne strukture kontraktalnog sistema mišića. Naime, upotrebom svetlosnog i elektronskog mikroskopa, prikazano je da se sarkomere sastoje iz aktinskih i miosinskih filamenata, koji su tako raspoređeni da se u normalnom statusu mirovanja mišića tj. njihovom bazalnom tonusu, aktinska vlakna delimično uvlače u miosinske međuprostore (Bonica, Sola, 1990). Svaki miofibril se sastoji iz lanca sarkomera koje su konektovane jedna na drugu. Miosinska vlakna su tamna i deblja, a aktinska tanja i bleđa. Slika 1. Z trake se vide kao poprečne tamnije trake koje odvajaju sarkomere jedne od drugih, što na elektronskom mikroskopu može da vizualizaciju odnosa ovih proteinskih filamenata u stanju kontrakcije i relaksacije.

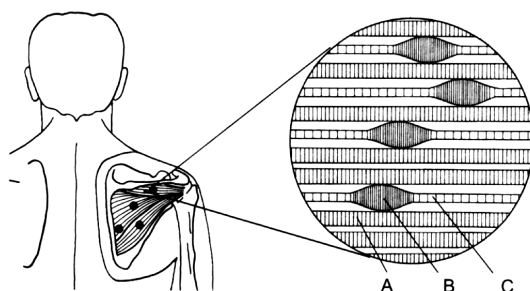
Slika 1. Stanje sarkomere u normalnom tonusu i u kontrakciji
(Preuzeto iz: Davies, Davies, 2005, 15)



Primećuje se da su u kontrahovanom mišićnom vlaknu Z trake gusto zbijene i da je dužina kontrahovanih sarkomera za 50% manja od relaksiranih vlakana. Bitan element svake sarkomere su dva kontraktilna proteina zvani aktin i miozin. Kontrakcija se odvija u sarkomerama kada se molekule aktina i miosina zakače jedne za druge i bivaju u kontaktu. Za ovaj čin neophodna je energija ATP koju obezbeđuju mitohondrije. Ovakav događaj pravi kraćim sarkomere, što u suštini čini kraćim fina mišićna vlakna. Srž mišićne kontrakcije je čin skraćanja sarkomera. Kao što biva, skoro oko milion sarkomera mora da se skрати da bi se napravio jedan mali pokret. Relaksacija mišića se dešava kada se odvajaju aktinski i miozinski filamenti. Za čin odvajanja aktinskih i miozinskih filamenata potreban je daleko veći obim

ATP (Bonica, Sola, 1990). Trigger point bolne nodule se formiraju kada se aktinska i miozinska vlakna zaglave i ne mogu da se odvoje zbog nedostataka ATP. To se obično događa lokalno u više mišićnih vlakana u određenom regionu mišića. Takva situacija sa kontrahovanim sarkomerama daje bolni nodus u određenim mišićnim regionima što čini klinički entitet trigger point bolnih mesta (Dommerholt, 2011). Slika 2 pokazuje fotografiju elektronskog prikaza zaglavljanih sarkomera u više nodula u predelu M. Infraspinatusa. U kakvom su statusu sarkomere u predelu nodusa, a u kakvom izvan njih, a kako u normalno funkcionalnim mišićnim vlaknima. Na oznaci A prikazuju se mišićne miofibrile u normalnom statusu mirovanja mišića koji nije ni kontrahovan ni relaksiran. Tanane Z trake čine ograničenja sarkomera, i one su jednako raspoređene svuda po mišićnom vlaknu. Tačka B prikazuje grupisane kontrahovane sarkomere u predelu nodula, koje ne mogu da odvoje svoja aktinska i miosinska vlakna iz kuplunga. Oznakom C označava se stanje sarkomera koje su razvučene na celoj dužini mišićnog vlakna sve do mesta njegovog pripoja. U tom predelu primećuje se veća distanca između Z traka u celoj dužini mišićnih vlakana sve do mesta njegovog pripoja.

Slika 2. Šematski prikaz Trigger point bolnih nodula u M. Infraspinatusu sa zategnutim bolnim trakama mišićnih vlakana izvan njih
(Preuzeto iz: Dommerholt, 2011, 24)



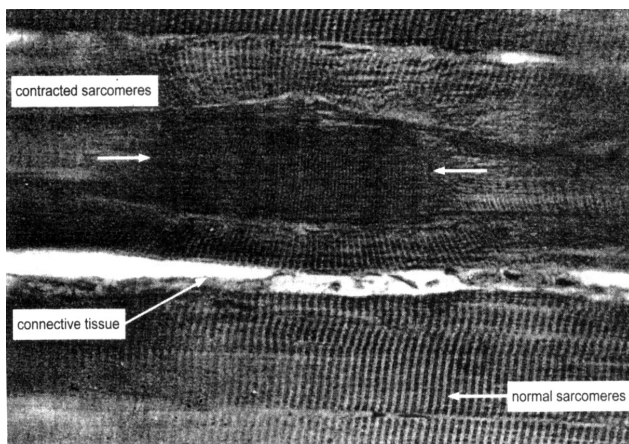
U tom predelu primećuje se veća distanca između Z traka, što u suštini odražava stalnu napetost i rigiditet tih delova mišićnih filamenata ispred i iza bolnih nodula. Ovo stanje ograničava elastično istezanje tih mišićnih miofibrila i nemogućnost pune kapacitetne kontrakcije mišića, tj. daju disfunkciju mišića sa bolnim osećajem u njemu. Trigger point bolna mesta formiraju se u mišiću kod njegove duge iscrpljujuće i ekscentrične upotrebe (Dommerholt, 2011).

Mnogi radovi postoje na temu trigger point bolnih tačaka. Istraživači nacionalnog instituta za zdravlje US razvili su nove tehnologije koje su učinile da se ta područja vizualizuju u mišićima. Naučni prikaz Trigger

point tačaka bio je moguć kada su u istraživanje tog problema mogle da se koriste elektrohemijske metode, elektromiografije koje na tim mestima mere električne aktivnosti visoke i niske frekvencije, poznate kao spontane električne aktivnosti (SEA) (Benardot, 2010). Nekad se mislilo da su te tačke, mesta gde ulazi motorni nerv u mišić, negde na sredini mišića. Međutim sada se zna da se električna aktivnost neuro mišićnih membrana prostire na širem području, i da se ona široko rasprostire u mišiću. Proučavanjem tih triger bolnih tačaka i tako izmenjenih struktura sarkomera, mnoge stvari su otkrivene. Istraživači novijeg datuma su našli da se triger point tačke mogu videti sa kolor Dopler ultrazvukom, kada se stimulišu sa vibracionim sonoelektro stimulatorima (Slika 3) (Davies, Davies, 2005).

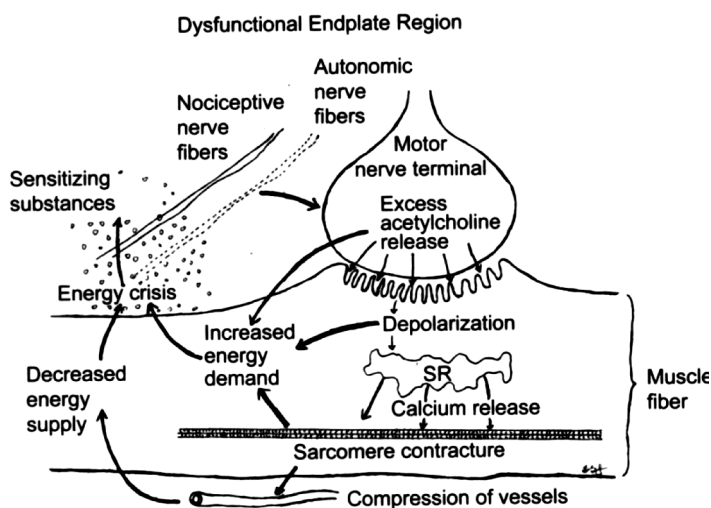
Ova mesta se mogu biopsirati na životinjama i na kadaverima i tako proučavati njihova elektro hemijska izmenjenost. Ona su neobičan miks biohemijskih markera, predstavljenih kao „kiseo milje“ s povećanom koncentracijom kiselih raspadnih produkata metabolizma, proinflatornim medijatorima i medijatorima koji prouzrokuju bol. Tako je zadnjih godina dat naučni prikaz i objašnjenje bolnih sindroma u mišićima sa fiziološkim, hemijskim i citohistološkim nalazima sa detaljnim strukturnim prikazima mišićnih elemenata. Dokazano je da nodule kontrakovanih fibrila mogu da naprave kompresiju okolnih kapilara u regionima oko nodusne izmenjenosti mišićnih vlakana, što ponekad potpuno prekida cirkulaciju iz tog regiona ili je preusmerava. Rezultat toga je pojava ishemije i deficita kiseonika na tim regionima. Nedostatak kiseonika lokalno dovodi do disfunkcije mitohondrija koje ne mogu da stvore shodno zahtevima potrebne količine ATP. To sve stvara sliku oksidativnog stresa sa formiranjem slobodnih kiseoničkih radikala (ROS) (Benardot, 2010).

Slika 3. Dopler kolor sonografski prikaz triger point bolnih nodula u mišiću
(Preuzeto iz: Davies, Davies, 2005, 26)



ATP, osim za funkciju kontrakcije i relaksacije miosinskih i aktinskih vlakana je veoma bitan za kretanje jona kalcijuma iz presinaptičke na postsinaptičku membranu (Slika 4). Kada se nervni impuls sprovede do mišićnih vlakana na neuro mišićnoj ploči, on vrši pražnjenje depoa kalcijuma iz endolazmatskog retikuluma koji uslovi pražnjene Achethylholina (Ach) iz vesikularnih proširenja na nervnim završecima (Dommerholt, 2011). Tako oslobođeni kalcijum vrši otvaranje glava aktina koje bivaju dostupne miosinu da se oni mogu kumplugovati, i time započeti kontrakciju sarkomera. Sarkomere ostaju u kontrakciji sve dok energija ATP ne uslovi odvajanje aktina i miosina. ATP je potreban da učini ponovno preuzimanja jona Ca natrag u sarkoplazmatski retikulum, čime se prekida stimulans za trajanje kontrakcije, da bi mogla da se odvija relaksacija. U tom mehanizmu ogleđa se značajan učinak energetske krize u iscrpljenim mišićima, kada kalcijum usled nemogućnosti da se ponovo vraća u endoplazmatski retikulum, drži permanentno kumplugovana aktinska i miosinska vlakna, tj. sarkomere su u stalnoj kontrakciji. Dalja ispitivanja su našla da se sa nedostatkom kiseonika u mišićima dešava oslobađanje protein “Calcijum-gin related peptide” (CGRP), koji pojačava oslobađanje Achethylholina, a time se produžava i intenzivira kontrakcija koja pojačava stanje ishemije i bolni sindrom (Benardot, 2010).

Slika 4. *Neuro-mišićna spojnica i značaj jona kalcijuma, kao i kalcijum related peptida (CGRP) za produženu mišićnu kontrakciju*
(Preuzeto iz: Davies, Davies, 2005, 27)



Peptid CGRP takođe stimuliše inhibiciju enzima acetilholinesterase koji razlaže Ach i time produžava vreme delovanja ispražnjenog acetilhilina na postsinaptičkoj membrani. Sve ove okolnosti jako pojačavaju kontrakciju sarkomera u situaciji nedostatka kiseonika i oksidativnog stresa u određenim mišićnim grupama. Sve dok se ovaj ciklus produžava, vrši se lučenje inflamatornih medijatora i medijatora koji stvaraju osećaj bola. Svi ovi medijatori stimulišu nervne završetke i njihove nociceptivne receptore koji daju osećaj bola i edema kako lokalno, takođe šalju se signali bola u senzitivni deo kore mozga gde se iste senzacije obrađuju u smislu individualane percepcije kvaliteta i jačine bola.

Oksidativni stres

Oksidativni stres je predstavljen kao stanje stvaranja toksičnih kiseoničkih radikala (ROS) u pojačanom obimu u radnim mišićima, u situaciji kada ne postoje adekvatne količine antioksidanata (Cheung, Hume, 2003). Ovako nebalansirano održavanje između (ROS) i antioksidanata, stvorice posledična oštećenja ćelija. Naime njihovim prodiranjem u ćelije oni vrše njihovu razgradnju i smrt ćelija. Naše telo vrši inhibiciju, tj. deaktivise ROS, stvaranjem antioksidanata koji su mahom određene grupe vitamina i minerala. Proučene su i definisane funkcije bitnih antioksidanata u biohemijским procesima na nivou ćelija.

Vitamin C u dozi od 90 mg/dan otklanja reaktivnu oksidaciju u leukocitima, plućima, gastričnoj mukozi tako što redukuje lipidnu peroksidaciju u ćelijama (Brayer, Goldfarb, 2006).

Vitamin E u dozi od 15mg/dan globalno deluje na preventivnu oksidaciju u ćelijama (Maghan, 1999).

Selen u dozi od 55mg/dan ostvaruje svoju antioksidativnu ulogu preko stvaranja selenoproteina koji je odbrambeni oksidativni enzim jer formira odbranu od oksidacije i stvaranja kiseoničkih radikala. Dnevni unos Se se bazira na unosu koji je potreban da se formira selenoprotein sa glutation peroksidazom (Maghan, 1999).

Beta karotin u dozi od 700 do 900mcg/dan je dovoljan da stvori retinol, tj. vitamin A. Sam beta karotin postaje značajan biomarker za korišćenje svežeg voća, povrća koji preko ovog biomarkera ostvaruje svoju antioksidantnu ulogu. Nesumnjivo je da telo preko minerala i vitamina inhibise i neutralise toksične kiseonične radikale. Minerali ostvaruju tu svoju ulogu tako što regulišu enzimsku aktivnost koja smanjuje stvaranje ROS. Vitamini ostvaruju svoje dejstvo tako što već stvorene ROS prihvataju iz ćelijskog okruženja i otklanjaju ih, čime otklanjaju njihovu štetnost. Nešto su drugačija novija shvatanja kod uzimanja vitamina E od ranijih shvatanja. Ranije je tvrđeno da vitamin E kao vitamin rastvorljiv u mastima, redukuje

stvorene ROS radikale, njihovim otklanjanjem iz ćelijskog okruženja. Međutim, po novijim shvatanjima, vitamin E suplementacija sama sa sobom može da pomeri balans sveukupne ravnoteže između oksidativnih radikala i antioksidanata, tj da uspori čitavu antioksidantnu ulogu našeg organizma, ukoliko se vitamin E uzima u proizvoljnim količinama. Prema tome, umanjuje se celokupna odbrana i prevencija oštećenja od ROS (Benardot, 2010).

Predložena strategija je da se prevencija ćelijskog oštećenja u disbalansu između oksidanata i antioksidanata vrši sa redovnim unosom koktela antioksidanata iz hrane, radije nego pojedinačnih vitaminskih suplemenata. Pri tome treba da se obezbedi da stalno postoji nepromenjen bilans između ROS i antioksidanata.

U posebnim stanjima kada se enormno stvaraju ROS (intenzivni treninzi, iscrpljujuća takmičenja) treba obezbediti povećan unos antioksidativnih koktela, što samim tim obezbeđuje veću odbranu od toksičnih ROS radikala. Neravnoteža između ROS i antioksidanata pored bolnog sindroma daje inflamatorni sindrom u mišićima praćen bolom i disfunkcijom mišića. Takođe, može da utiče i na pad funkcije imunološkog sistema. Enormno visok nivo vitamina E može da stvori neadekvatnu funkciju imunog sistema. S druge strane i neadekvatan unos ovog vitamina zajedno sa Fe, Se, Zn, Cu, Ca, Mg može takođe da stvara imune probleme (Shepard, Shek, 1998).

Sve ove informacije daju zaključak da je održavanje bilansa između toksičnih ROS i antioksidanata veoma bitno, s obzirom na enormne obime stvaranja ROS u različitim intenzivnim sportskim angažmanima ili stanjima. Održavanje bilansa svih antioksidanata je bitnije nego dati prednost jednom ili dva do tri od njih očekujući da će oni kao moćni ostvariti veći biohemijski efekat deaktivacije kiseoničkih radikala.

Dijetalni unos suplemenata kod sportista i pojava DOMS u intenzivnim treninzima

Postoje ograničena saopštenja da određeni nutricijenti utiču na pojavu DOMS. Istraživanja su sada u toku na tom polju. Od nutricijenata koji su procenjivani uključuju se: alfa karnitin, vitamin C, E, D, flavonoidi, aminokiseline sa dugim razgranatim lancima, Omega-3 masne kiseline i određeni proteini. Svi pojedinačno ili u ciljanim kombinacijama.

Riblje ulje koje je po sadržaju veoma bogato Omega-3 masnim kiselinama, sa eikosapentaeničnom kiselinom (EPA), i sa docosahesaeničnom kiselinom (DHA), dokazano je da svi ovi subjekti u ulju redukuju inflamatorni status kod Reumatoidnog sindroma. Neke studije zasnovane na ovom zapažanju, dokazale su da postoji intenzivno puferovanje inflamatornog odgovora sa ribljim uljem (Tartibian et al., 2009). Ono ostvaruje ovo dejstvo sa sve tri dejstvene komponente i kod inflamacija koja se stvara sa intenzivnom

fizičkom aktivnošću u treninzima. Pregled literature na ta zapažanja potvrđuju ova zapažanja sa više proverenih studija u tom pravcu. Međutim nije testirano uzimanje koje hrane, za koliki vremenski period i u kom vremenu u odnosu pre i iza predstojeće intenzivne fizičke aktivnosti u sportu. Pregledom ovih studija može se sumarno reći da deficit nutricijenata znatno utiče na različite činioce koji uslovljavaju lošu funkciju mišića (Benardot, 2010).

Neki od znakova propadanja mišićnih ćelija u dugo prisutnom oksidativnom stresu

Disrupcija citoskeleta se viđa, i za tu pojavu nema dokaza koji nuticijent je odgovoran.

MRI (magnetnom resonancom) potvrđena disrupcija tkiva, dokazano je da se događa u nedovoljnom unosu L-karnitina. Njegov unos treba da bude 2gr/dan da bi se otklonio ovaj neželjeni efekat.

Snaga mišića je oslabljena kod neadekvatnog unosa vitamina C. Ovo stanje se može otkloniti unosom 500mg vitamina C, zajedno sa 1200 IU unosa vitamina E.

Interleukin 6 (IL-6) i C-reaktivni protein kao inflamatorni markeri su odraz nekontrolisane inflamacije mišića. Ovo stanje se može kontrolisati unosom miksa Thocopherola, DHA, i flavonoida u kombinaciji.

Kasni nastup mišićnog bolnog sindroma (DOMS), pokazano je da nastaje kao pokazatelj disbalansa unosa antioksidanata i enormne produkcije kiseoničkih radikala (ROS). Ovaj sindrom se može otkloniti unosom vitamina E 400 IU/dan u kombinaciji sa vitaminom C, koktelom aminokiselina sa razgranatim lancima u količini od 5gr/dan, sa L carnitin 2gr/dan (samo kod žena).

Kreatinin kinasa (CK) i laktička dehidrogenasa (LDH) su znaci propadanja ćelija u oksidativnom stresu i drugim nepovoljnim uticajima. Ovo stanje se može otkloniti uzimanjem vitamina E (400 – 1200 IU), vitamina C 1-3 gr/dan, L-carnitina 2gr/dan.

Obim pokreta, kao test poremećene funkcije mišića i stanja suplementacije s antioksidantima nije ispitivan.

3-metilhistidin (3-MH) kao humoralni marker oštećenja mišićnih ćelija može se koristiti kao test za propadanje mišića u nedovoljnoj antiinflamatornoj suplementaciji. Ovo stanje se može preventivno otkloniti uzimanjem beta-hidroksi beta metilbutirične kiseline 1,5 do 3 gr/dan (Benardot, 2010).

Omega 3-masne kiseline

Ova masna kiselina može da redukuje nastanak i ispoljavanje težine DOMS preko dva puta. Ona vrši antioksidativnu i antiinflamatornu funkciju.

Tu svoju funkciju ostvaruje preko kompeticije sa arahidoničnom kiselinom za stvaranje *eikosaoida* koji stimulišu veće stvaranje anti inflamatornih medijatora za prostaglandin i tromboksan (Tartibian et al., 2009). Pokazano je da masne kiseline postaju deo ćelijskih membrana, time menjaju oslobađanje svih inflamatornih agenasa uključujući: dve serije prostaglandina, tromboksana i prostaciklina. Moguće je da ovaj antiinflamatorni učinak smanjuje nastanak ili jačinu ispoljavanja DOMS sindroma kod osoba izloženih intenzivnim ekscentričnim mišićnim opterećenjima.

Studije su ispitivala 27 muških osoba srednje životne dobi (33,4 god.) kojima su procenjivana stanja nastanka bola u mišićima posle ekscentričnog intenzivnog opterećenja mišića. Osobe su uzimale kapsule ribljeg ulja jednu na dan. Kapsule su sadržavale 324 mg (EPA) kiseline, 216 mg (DHA) kiseline. Osobe su takođe uzimale vitamin E (tholopherol alfa acetata) 100 IU/dan, kao dodatak Omega 3-masnim kiselinama. Suplementacija je sprovedena 30 dana pre intenzivnih treninga i dva dana nakon treninga. Nađeno je da su osobe koje su uzimale Omega -3 masne kiseline imale bolju kontrolu nastajanja bola u mišićnim grupama koje su ekscentrično opterećivane. Skor bola posle treninga bio je procenjivan posle 24 i 48 sati nakon treninga. Bol je bio značajno manji u tretiranoj grupi nakon 48 sati od treninga, a nije se razlikovao u skor u bola u tretiranoj i netretiranoj grupi 24 sata nakon treninga.

Drugi parametar koji je odražavao nastanak inflamatornog sindroma u ekscentričnom intenzivnom opterećenju je merenje obima natkolenice, koji treba da proceni eventualni nastanak edema u mišićima koji su bili podvrgnuti napred pomenutim opterećenjima. Nađeno je da je postojao značajno manji obim natkolenice u grupi koja je bila tretirana, na napred pomenut način, Omega -3 masnim kiselinama i vitaminom E, a time i manja ispoljivost edema kao markera inflamacije mišića. Vitamin E prema toj studiji, imao bi pridodatu ulogu kao antioksidant koji redukuje nastanak toksičnih ROS radikala, a shodno tome i doprinosi smanjenju ispoljivosti nastanka DOMS.

Druga studija procenjivala je efikasnost unosa Omega -3 masne kiseline na nastanak DOMS na 10 ispitanika koji nisu bili trenirani. To su bili muškarci starosne dobi od 22,7 godine i šest netreniranih žena prosečne starosti 24,5 god. Osobe su organizovane u tri grupe, a tretirane su različito sa suplementima. Iza toga procenjivan je efekat suplemenata na pojavu DOMS. Jedna grupa je dobijala kapsule ribljeg ulja, druga grupa isoflavonoid u kombinaciji izolovan iz soja surutke kao ne omega3-masne kiseline. Treća grupa je bila placebo grupa. Sve tri grupe su suplementirane 30 dana pre i jednu nedelju posle treninga. Nakon treninga u 2, 4, i 7. danu procenjivan je skor intenziteta bolnog sindroma u sve tri grupe. Osobe su, takođe, dobijale i vitamin E da se pripomogne nastup oksidacije masti. Sve osobe su imale ekscentrične intenzivne treninge sa pokretima uvrtnja i savijanja, koji

daju intenzivno nefiziološko opterećenje na određenim mišićnim grupama (Benardot, 2010).

Zaključci ovih ispitivanja su da je u grupi koja je uzimala kapsule ribljeg ulja sa koncentracijama EPA i DHA koje su bila značajno veće, ali nije bilo razlike u skorosti nastanka DOMS bolnog sindroma između prve dve grupe.

Ova studija upućuje da može postojati mala razlika u kontroli nastanka DOMS kod različitog izbora antioksidanata i antiinflamatornih sredstava. Pri tome je bitno uzimati specifični miks nutrijenata i to dovoljno dugo da bi njihov efekat bio ispoljiv.

Vitamin D

Konsumiranjem riba iz hladnih severnih mora, ishrani sportista dodaje se bogat izvor EPA i DHA kiseline. U njima postoji i velik izvor vitamina D. Ovako tretirani ispitanici imali su dobru kontrolu nastanka bolnog DOMS sindroma. Za ovaj učinak odgovorna je Omega-3 masna kiselina sa EPA i DHA kiselinama kao i vitamin D (Houston, Cesari, 2007).

U Australiji su rađene studije koje su procenjivale vezu između realne koncentracije vitamina D i postojanja hroničnog mišićnog bola kod ljudi. Testirana je grupa ljudi koja je imala mišićni bol i druga bez bola sa poređenjem humoralne koncentracije vitamina D. Nađeno je da u grupi koja je imala bolove postoje značajno manji nivoi koncentracije vitamina D, u odnosu na grupu bez bolova čije su koncentracije vitamina D bile zadovoljavajuće. Nijedan od ispitanika sa normalnom koncentracijom vitamina D nije imao bolni sindrom (Tartibian et al., 2009).

Sledeća pojava može biti važna, a vezuje se za smanjenje koncentracije vitamina D u cirkulaciji i smanjenje snage mišića. Još jedna studija bavila se procenom snage mišića u situaciji kada je koncentracija vitamina D bila deficitna, insuficijentna i normalna koncentracija. Ispitivana grupa je brojala 976 osoba. Parametar procene mišićne snage pratio se dinamometrom koji je merio snagu stiska pesnice. Istraživanje je našlo da je u grupi sa dobrim statusom koncentracije vitamina D, postojao veći skor mišićne snage nego u grupama sa deficitom i insuficijentnim koncentracijama. Sami nastanak DOMS smanjuje mišićnu snagu. Vitamin D u toj situaciji može da olakša simptomatologiju (Benardot, 2010).

Glavna činjenica koja treba da se shvati je ko treba da meri nivo vitamina D. Svakako sportisti koji treniraju u zatvorenim prostorijama izvan sunčeve svetlosti (gimnastičari, umetnička klizanja na ledu) koji imaju nedovoljno pretvaranje provitamina D u vitamin D. U toj grupi zbog svega ranijeg nađenog izgleda je mudro učiniti suplementaciju sa vitaminom D, koji treba da redukuje nastanak DOMS (Houston, Cesari, 2007).

Vitamin E

Studije koje su pratile ulogu vitamine E u prevenciji i tretmanu DOMS zasad ne mogu da daju jasne zaključke. Mahom se vitamin E uzima sa Omega-3 masnim kiselinama. Poznato je da je vitamin E dobar antioksidant koji ima ulogu da inhibira ćelijska oštećenja koja su nastala uticajem slobodnih kiseoničkih radikala, nastala u ekscesivnim opterećenjima mišića. Studija koja je pratila antiinflamatornu ulogu vitamina E ispitivala je studentkinje koje su se bavile sportskim aktivnostima u okviru univerzitetskih timova. One su bile podeljene na dve grupe. Jedna je dobijala vitamin E, *tocopherol* u dozi 800 IU jednom na dan, 14 dana pre nastupa takmičenja i sedam dana nakon takmičenja. Druga grupa je bila placebo grupa. Nakon ekscentičnog režima treninga, testiran je nastup bolnog sindroma 2, 4, i 7. dana i isti bol je meren skorom koji reprezentuje jačinu prisutnosti bola. Grupa koja je uzimala vitamin E imala je znatno manji skor u ispoljavanju DOMS od placebo grupe. Ova tretirana grupa ima znatno manje nastupe oksidativnog oštećenje od placebo grupe. Uprkos tim nalazima zasad se ne može tvrditi da vitamin E ima značajnu antiinflamatornu ulogu (Cheung, 2003).

U zaključku se može reći da igrači treba s oprezom da pristupe tretiranju antioksidativnih promena sa vitaminom E, zato što isti može da blokira antioksidativna svojstva samog organizma. Međutim, ukoliko igrač ne konzumira hranu koja ima dovoljno ovog vitamina, male ili osrednje doze uzimanja mogu da redukuju nastupe DOMS.

Vitamin C

Koja su dejstva vitamina C na nastup DOMS nije jasno. Jedna studija je pratila 18 muškaraca koji nisu imali treninge (životne dobi 23 godine). Osobe su organizovane u grupe koja je uzimala vitamin C 3gr i placebo grupu. Vreme uzimanja vitamina C je bilo dve nedelje pre nastupa i četiri dana posle treninga sa ekscentričnim pokretima. Skor bolnog sindroma u tretiranoj grupi bio je manji, u odnosu na placebo grupu, koji je procenjivan nakon 24 sata. Druga studija je pratila dejstvo vitamina C na 24 netrenirane osobe muškog i ženskog pola. Postojala je tretirana grupa koja je uzimala vitamin C 3 gr na dan, u tri dana pre nastupa treninga i pet dana nakon toga. Pri tome nije bilo razlike u nalazu skora bolnog sindroma između tretirane i placebo grupe (Brayer, Goldfarb, 2006).

U zaključku može se reći da je faktor od presudnog značaja za efikasnost tretmana sa vitaminom C i nastupa DOM, dužina uzimanja tretmana. Pritom treba imati u vidu da je 3000 mg vitamina C veoma velika doza, šest puta veća od uobičajene. Pored toga, treba voditi računa o potencijalnim lošim efektima

ovog tretmana (kao pojavi kamena u bubrezima i smanjenja celularne osetljivosti na vitamine).

Esencijalne aminokiseline / aminokiseline razgranatih lanaca (BCAA)

Esencijalne aminokiseline se ne mogu stvarati u našem organizmu, one moraju da se unose ishranom. Mogu biti oksidisane u skeletnim mišićima. Ova oksidacija se pospešuje sa vežbanjem treninzima, što čini veoma racionalnim da se ove amino kiseline uzimaju kao suplementacija prilikom nastupa intenzivnih treninga da bi se nadoknadio njihov gubitak. Bez adekvatne nadoknade ovih amino kiselina može se dogoditi značajna inhibicija stvaranja mišićnih proteina (Davies, Davies, 2005).

Studia koja procenjuje uzimanje BCAA suplementaciju i njihov efekat na nastanak DOMS, pokazala je da posle uzimanja ove solucije aminokiselina u dozi od 5 gr, 15 minuta pre nastupa treninga postoje pozitivna dejstva na funkciju i bolna stanja mišića. Rezultati su pokazali da kod žena takmičarki, skor nastupa bola bio je znatno manji u tretiranoj grupi od netretirane. Procena skora bola bila je 24, 48 i 72 časa nakon treninga. Razlog zašto muškarci nisu pokazali bolji efekat za nastup bolnog sindroma tipa DOMS u tretiranoj grupi od placebo grupe, ukazuje da je fiksna doza od 5 gr izgleda nedovoljna za muškarce koji imaju procentualno veću mišićnu masu.

U zaključku možemo reći da uzimanje fiksne doze BCAA esencijalnih aminokiselina nije dovoljan da stvori korist od njihovog uzimanja. Možda je doza za muškarce efikasno korisna ako se uzme 10 gr u istom režimu. Ovaj sastav aminokiselina može se efikasno dodati ugljenim hidratima i tako napraviti koktel koji se može uzimati pre i posle izvođenja treninga (Davies, Davies, 2005).

Uzimanje proteina

Treninzi često dovode do oštećenja mišića, naročito ako su praćeni sa ekscentričnim angažovanjem mišića i mišićnih grupa. Ova oštećenja mišića su udružena sa raspadom mišićnih proteina i potpunim ispražnjenjem depoa glikogena u mišićima. Ovakvi nalazi ukazuju da postoje potrebe za dodatkom ishranom proteinima, naročito u vreme početka novih trening programa koji uključuju veliki obim treninga snage. Maksimalna mera proteinske nadoknade pokazuje da je 1,5 gr/kg TT proteina dovoljna za takmičare, tj. za polovinu je veća nego kod neatletičara (Dommerholt, 2011). Samo male izmene u izboru namirnica mogu da zadovolje ove potrebe, imajući u vidu da u praksi mnogi ljudi, sportisti i nesportisti uključuju obimno proteine u svojoj ishrani. Studija koja je proučavala studentkinje koje su se podvrgavale redovitim

sportskim aktivnostima, pokazale su da redovitim uzimanjem kaseinskog proteina i surutkinog proteina kao suplementa, su učinile da su sa takvim stavom, poboljšani kako rezultati dostignuća u sportu tako i u poboljšanje u sastavu organizma. Uzimanje čokoladnog mleka pokazano je kao veoma efikasan napitak za brzi oporavak od intenzivnih treninga, možda zbog toga što kombinacija ugljenih hidrata i proteina omogućava brži povratak mišićnih ćelija na normalu (Benardot, 2010).

Zaključak bi bio da čak i mali iznos visokokvalitetnih proteina tačno određenih, može imati uticaj na smanjenje nastupa DOMS i poboljšanje rezultata u sportu. Uopšteno, proučavanja studija ukazuju da je veoma značajno da se uspostavi stalno snabdevanje malih zaliha proteina podeljenih u manje količine (po 30 gr) nego da se jednokratno uzima veća količina proteina.

Hidratacija

Mnogo godina unazad je prikazano da je dehidratacija povezana sa većim nastupom bolnog sindroma u mišićima. Proučavan je skor nastupa bolnog sindroma na dobro hidriranim i dehidriranim osobama pre nastupa fizičkih zamaranja. DOMS je bio uočljiv u obe grupe, ali je mišićni bol u dehidriranoj grupi bio za 44% veći nego u dobro hidriranoj grupi (Clary, Swinney, 2005).

Zaključak bi bio da postoji više razloga zašto igrači treba da budu dobro hidrirani. Jedan od razloga je manja pojava bolnog sindroma u mišićima. Drugi razlog je da se u postojanju velikog bazena ekstracelularne i intacelularne tečnosti, smanjuje koncentracija kiseoničkih slobodnih radikala, koji bivaju diluirani i samim tim imaju manji uticaj na ćelijska oštećenja mišića.

Konzumiranje alkohola među sportistima, čak i u sociološkim razmerama oko sporta ili uopšteno životnih događaja, odražava se na rezultate dostignute kod sportista. Iako je alkohol potencijalni izvor kalorija jer nadoknađuje 7cal po gr, on se smatra antinutricijentom jer vrši inhibiciju konverzije B vitamina prema njihovim aktivnim koenzimima koji su uključeni u nastanak energije od ugljenih hidrata, proteina i masti. Studije su pokazale da konzumacija alkohola, zavisno od volumena i frekvence njegovog uzimanja, može se negativno odraziti na kardiovaskularnu funkciju, energetski metabolizam, oštećenje mišića i njihov oporavak, termoregulatorni mehanizam i neuromuskularnu funkciju. A oni svi mogu i te kako uticati na rezultate u sportskim dostignućima. Pri tome treba imati u vidu da efekti konzumiranja alkohola mogu da traju dugo, satima i danima nakon uzimanja (Benardot, 2010).

Alkohol pokazuje uticaj na rezultate u sportu preko izmene metabolizma glikogena i formiranja njegovih depoa, kroz promenu hidratacije

i termoregulaciju. S konzumiranjem alkohola dramatično se inhibira stvaranje depoa glikogena u ćelijama jetre i mišićima, kad se poredi sa grupom koja ne konzumira alkohol. Pri tome i uzimanje samo 4% alkohola doprinosi produženju vremena oporavka. Alkohol je značajan diuretik jer potpomaže gubitak tečnosti putem urina.

U zaključku se može reći da sa konzumacijom alkohola kod sportista i u sociološkim razmerama, značajno se upliće njegov učinak na dehidraciju i ispražnjenje depoa glikogena, što oba procesa doprinose inflamaciji u mišićima i njihovoj disfunkcionalnosti.

ZAKLJUČAK

Naše sadašnje razumevanje o uticaju nutricionata na bolni sindrom mišića može biti sumiran u pet tačaka:

- Postoji ograničena evidencija o uticaju vitamina C ukoliko se uzima samostalno, kao i ukoliko se uzima u kombinaciji sa vitaminom E. Takođe postoje ograničene evidencije o značaju uzimanja flavonoida kada se uzima sa tokoferolom.
- Nutricionalni suplementi nisu od koristi za eliminaciju mišićnih oštećenja, ali mogu biti od koristi za redukciju određenih znakova i simptoma mišićnih opterećenja, uključujući i bol.
- Ukoliko se suplementi uzimaju, oni moraju biti uzimani danima ili par nedelja pre nastupa treninga i opterećenja fizičkog stresa s očekivanjem da će on dati rezultate. Optimalni period pretretmana je nepoznat i različit je za svaki nutricionat.
- Optimalna doza nutricionata ponaosob, koja treba da redukuje mišićno oštećenje i bolni sindrom je nepoznata, zato što nisu bile tretirane različite doze. Nekoliko studija testira uzimanje hrane da se proceni dostup nutricionata sa hranom, kada se može otkloniti totalni deficit nutricionata.

LITERATURA

1. Benardot, D. (2010). *Advanced Sport Nutrition*, Human Kinetics, Champaign, IL US.
2. Bonica, J. J., Sola, A. E. (1990). Other Painful Disorders, in: *The Management of Pain*, Philadelphia: Lea & Febiger.
3. Brayer, S. C., Goldfarb, A. H. (2006). Effect of high dose vitamin C supplementation on muscle sourness damage, function, and oxidative to eccentric exercise stress, *International Journal of sport Nutrition and Exercise Methabolisam*. 16 (3): 270-280.
4. Cheung, K., Hume, P. (2003). Delayed onset of muscle sourness. Treatment strategies and performance factors. *Sport medicine*. 33 (2): 145-164.
5. Clary, M. A., Swinney, L. A. (2005). Dehydration and symptoms of delayed onset muscle sourness in hyperthermic muscles. *Journal of Athletic Training*. 40 (4): 288-297.
6. Davies, C., Davies. A. (2005) *Myofascial Pain and Dysfunction*.
7. Dommerholt, J. (2011). *Myofascial Trigger Pain: An Evidence-Informed Review*. Pathophysiology and Evidence-Informed Diagnosis and Management.
8. Houston, D. K., Cesari, M. (2007). Association between vitamin D and Physical performance. *Journal of gerontology, Biological sciences and Medical Sciences*. 62 (4): 440-446.
9. Lenn, J., Uhl, T., Mattaccola, C. (2002). The effect of fish oil and isoflavones on delayed onset muscle sourness, *Medicine Science in Sports & Exercise*. 34 (10): 1605-1613.
10. Maghan, R. (1999). Role of micronutrients in a sport and physical activity, *British Medical Bulletin*, 55 (3): 683-690.
11. Shepard, R. J., Shek, P. N. (1998). Immunological hazards from nutritional imbalance in athletes, *Exercise Immunology Review*, 4: 22-48.
12. Tartibian, B., Maleki, B. H., Abbasi, A. (2009). The effect of ingestion of omega 3 fatty acids on prevention pain and external symptoms of delayed onset muscle sourness in untrained men, *Clinical Journal of sport Medicine*, 19 (2): 115-119.