

Euskal Herriko Unibertsitatea
Farmazia Fakultatea
Giza Nutrizioa eta Dietetika
2021/2022 ikasturtea

GEHIGARRI NUTRIZIONALEN ERABILPENA ARIKETA FISIKOAK ERAGINDAKO LESIO MUSKULARRETAN

Egilea: Irene Ansorregui Alonso
Tutorea: Arrate Lasa Elguezua

AURKIBIDEA	Orrialdea
LABURDUREN ZERRENDA	3
LABURPENA	4
BILAKETA BIBLIOGRAFIKOA	4
1.- SARRERA	5
2.- HELBURUAK	5
3.- GARAPENA	6
3.1.- Lesio muskularra	6
3.2.- Kurkumina	8
3.3.- Omega-3	11
3.4.- Esne gazuraren proteina	15
3.5.- D bitamina	17
3.6.- Kreatina	19
3.7.- Gerezi azidoa	20
4.- ONDORIOAK	23
5.- BIBLIOGRAFIA	24

LABURDUREN ZERRENDIA

DOMS: Delayed Onset Muscle Soreness

EIMD: Exercise Induced Muscle Damage

ROM: Range Of Motion

d-ROMs: Reactive Oxygen metabolites

CK: Creatine Kinase

LDH: Lactato deshidrogenasa

Mb: Mioglobina

CRP: C Reactive Protein

IL-1: Interleukina-1

IL-6: Interleukina-6

TNF- α : Tumor Necrosis Factor α

NF κ B: Nuclear Factor κ B

ROS: Reactive Oxygen Species

BAP: Potential Biological Antioxidant

AGE: Advanced Glycation End-products

IFN- γ : Interferon- γ

AIS: Australian Institute of Sport

FDA: Food and Drug Administration

AP-1: Protein-1 Activator

EPA: Azido Eikosapentaenoikoa

DHA: Azido Dokosaheksaenoikoa

GA: Gantz Azidoa

AA: Azido Arakidonikoa

COX-2: Ziklooxigenasa-2

MPS: Muscle Protein Synthesis

EFSA: European Food Safety Authority

IGF: Insulin-like Growing Factor

UI: Unidad Internacional

MRF4: Muscle Regulatory Factor 4

ISSN: International Society of Sports Nutrition

HMB: Beta-hidroxi beta-metilbutaratoa

MPB: Muscle Protein Breakdown

LABURPENA

Gaur egun kirolarien ongizateak izugarrizko garrantzia du, eta lesio egoerak sahiestu nahi diren edo errekupeazioa azkartu nahi den momentuetarako iada hainbat metodo daude erabilgarri. Garapen bidean dagoen metodo horietako bat gehigarri nutrizionalen erabilpena da. Lesio muskularretan egoera proinflamatorio bat sortzen da, eta hantura hau denbora luzeegian egoteak lesioaren errekupeazioa luzatzen du. Horregatik, gehigarri antiinflamatorioen erabilera lagungarria izan daiteke denbora hori murrizteko, eta baita gehigarri antioxidatzaileena, elkar lotuta baitaude. Kurkumina, omega-3, D bitamina, esne gazuraren proteina eta gerezi azidoak propietate antiinflamatorioak dituzte, eta hortan lagunduko dute. Horrez gain, giharren birsortzean lagunduko dutenak, omega-3, D bitamina, kreatina eta gerezi azidoa izango dira. Azkenik, eragin antioxidatzailea gerezi azidoaren bidez lortuko da, eta posible da kurkumaren bidez ere lortzea. Esan beharra dago gehigarri hauen eraginak ikertze prozesuan daudela, beraz, ez direla %100ean ziurrak izango lesioetan erabiltzeko. Gainera, eragin hauek sortzeko dosi bateraturik ez dago finkatuta, baina gero eta ikerketa gehiago egiten doazen heinean lortuko da. Oraingoan, ikerketetan erabili diren dosiak izango dira erreferentziatzat hartzeko kantitateak.

BILAKETA BIBLIOGRAFIKOA

Bilaketa bibliografikoa PubMed bilatzailetik egin da. Bilaketa hori egiteko erabili diren hitzak elkarren artean konbinatu dira eta honako hauek izan dira: “muscle injury”, “muscle damage”, “EIMD”, “DOMS”, “nutritional supplement”, “sport” “curcumin”, “omega-3”, “whey protein”, “vitamin D”, “creatine”, “tart cherry”. Argitaratze urtea ez da espezifikoki mugatu, baina 2010etik aurrerakoak izatea ahalegindu da.

1.- SARRERA

Lesio baten agerpena kirolari batean hondamen handi bat izaten da, are gehiago luzaroan irauten badu honek. Luzarokoa bada, geldik egon ohi da kirolaria, honek giharraren masa, indar eta funtzioaren murrizketa ekartzen duelarik. Hori dela eta, geldialdiaren denbora-tartea murrizteko ahaleginak ahalik eta handienak izatea garrantzitsua izango da. Gaur egun hainbat tratamendu daude errekupeazio denbora hori murrizteko, baina nutrizionala gutxi ikertuta dago oraindik, hala ere, hainbat eragin positibo azaltzen ari dira. Azken urteotan, zenbait elikagairen efektu immunomodulatuak eta antiinflamatorioak egiaztatzen dituzten ikerketak egin dira, gehienak sarkopenia duten pazienteekin edo ariketa gogorreko saio baten ondooren muskuluak errekupeatzen ari direnekin. Oraindik oso gutxi garatu da kirol-medikuntzan duen aplikazioa, bereziki kirol-lesio batean, baina potentzial handia du etorkizuneko ikerketa-ildo gisa.

Lesionatutako kirolariarekin batera proteina-ekarpen egokia duen, hanturaren aurkako propietateak dituen edo erantzun immunea modulatzeko gai den elikagai-pauta bat planifikatu ahal izango bagenu, errekupeazio-aldia optimizatu ahal izango genuke, ahalik eta denbora laburrenean kalitate hobeko ehunen birsorkuntza lortuz. Hori horrela, propietate horiek dituzten eta gero eta gehiago entzuten diren gehigarri nutrizional ezberdinen inguruko azterketa bat egingo da lanean. Horretarako, dauden ikerketetan oinarrituta, lesio muskularretarako baliagarriak diren, oraindik gomendatzea argi ikusten ez den edo baliogabeak diren ondorioztatuko da.

Azalduko diren gehigarriak ebidentzia mailaren arabera sailkatuak agertzen dira AIS-en. Kirolerako proposatzen diren gehigarrien sailkapena da, A, B, eta D mailak dituelarik. A mailan, kiroleko egoera espezifikoetan erabiltzeko ebidentzia sendoa duten gehigarriak daude. B mailan, nahikoa ebidentzia zientifiko izateko bidean dauden gehigarriak daude, oraindik ikerketa gehiago behar dituztenak. C mailan aldiz, ebidentziarik ez dutenak edo ikerketarik ez dutenak daude. D mailan azkenik, debekatuta daudenak egongo dira.

2.- HELBURUAK

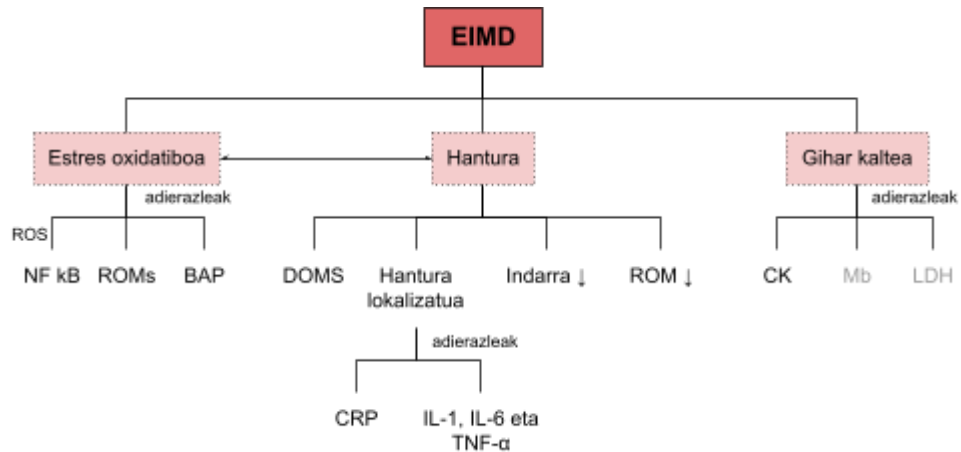
Lan honen helburu nagusia gaur egun arte dauden ikerketak oinarritzat hartuta, lesioen errekupeazioan erabilienak diren gehigarri nutrizionalek lagun dezaketen edo ez aztertzea da. Modu honetan, lesio muskularren errekupeazioaren inguruan ikasiko da, nutrizioaren bidez zein momentutan lagundu ahalko duten lesio hori hobetzen adieraziz. Horrez gain, nutriente horien erabilera nolakoa izan behar den azalduko da aztertuta dauden dosiak zein diren azalduz.

3.- GARAPENA

3.1.- LESIO MUSKULARRA

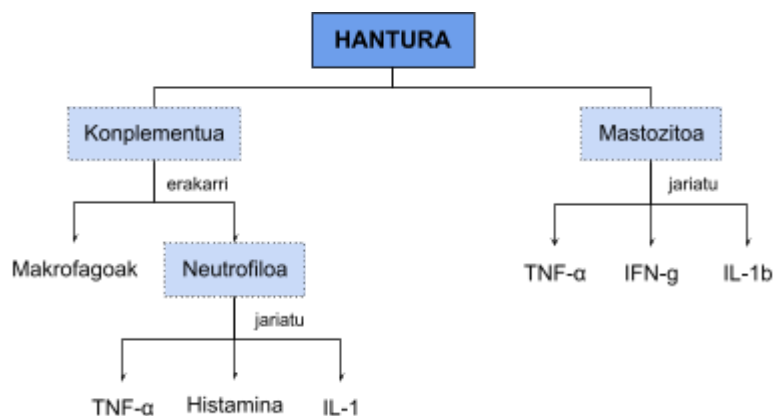
Lesio muskularrak, gorputzeko giharren egituraretan ematen diren lesioak dira. Askotan mingarriak izaten dira, eta ariketa fisikoan gehiegizko indarra egin ondoren edota kolpe baten ondorioz sortzen dira. Honen barne, berandu agertutako giharretako mina (DOMS, Delayed Onset Muscle Soreness) dago, muskuluetako lesio ultraestruktural mota bat izanik. Aurrerantzean ikusiko diren ikerketa askotan DOMS hauek aztertu dira, eta ez hainbeste lesio handiak. DOMSen agerpena, ariketa eszentrikoek edo ezezagunek eragiten dute. Honako hauek dira zeinu klinikoak: indar-ahalmena txikitzea, mugimendu murrizketa eta mina agertzea, zurruntasuna, hantura eta alboko artikulazioen disfuntzioa. DOMSa lesio arintzat jotzen den arren, kirol-errendimendua kolokan jartzearen arrazoi ohikoenetakoa da. Oraindik bide fisiopatologiko zehatza ez da ezagutzen, baina proteinen degradazioa, apoptosia eta tokiko hantura-erantzun handiagoetara bideratuta dago (1).

Horretaz gain, aktibitate fisikoak, nagusiki intentsitate altuko giharren kontrakzio eszentrikoek, ariketa fisikoak induzitutako giharren kaltea sortzen dute, ingelesezko EIMD dena. EIMDren ondorioz, hanturazko erantzun bat agertzen da, eta honi erlazionatuta, muskuluak indarra egiteko gaitasuna galtzen du, ROM gutxitzen da, hantura lokalizatua dago, DOMS agertzen da (6-12 orduetara) eta odoleko muskulu-proteinak areagotzen dira (CK, LDH eta Mb). Esan bezala, EIMD-k hanturazko erantzunak sortzen ditu, eta hantura hori neurtzeko, CRP eta hanturazko interleuzina batzuen (IL-1, IL-6 eta TNF- α) mailak neurtzen dira, hau da, hanturaren adierazleak dira horiek. Era berean, transkripzio-faktoreak sortzea sustatzen du, hala nola NF κ B, ROS ekoiztearen bidez. Bestalde, EIMD-ren ondoren estres oxidatiboa agerikoa dela adierazten dute ikerketek, ROS-en igoera baten ondorioz. Estres oxidatiboaren adierazle NF κ B, d-ROMs eta BAP direla esan genezake. Ildo horretan, ariketa fisikoak antioxidatzaile endogenoak ere erregulatu ditzazke, estres oxidatibo akutua eta hantura-erantzuna estimulatzeko dituelarik. Hori dela eta, hanturazko prozesuak beti daude estres oxidatiboari lotuta, eta osotasunean aztertu eta kontrolatu behar dira, biak zuzenean baitaude EIMD-an inplikaturik (2). Ikertu beharreko hirugarren puntua gihar kaltea da, CK, Mb eta LDH dira horren adierazleak. Guzti horietatik CK da espezifikoa eta gehien erabiltzen dena min muskularraren gogortasuna aztertzeko. CK, ariketa egin ondoren ematen den mintzaren permeabilitatea igoeraren ondorioz iristen da odolera. Gainera, odoleko CK mailak ariketa fisikoarekin erlazionatuta dauden faktore ezberdinek baldintzatzen dute; intentsitatea, iraupena, banakoaren esperientzia...(3) Ariketa eszentriko ondorengo estres oxidatibo, AGE eta hanturarekin lotutako efektu negatiboak gutxitzeko gaitasunak errekupeazioa eta lesioen prebentzioa hobe dezake (4).



1. irudia: EIMD-aren ondorengo estres oxidatibo, hantura eta gihar kaltearen adierazleak. Iturria: Elaborazio propioa (2,3).

Lesio bat sortu eta sendatzerartekeo bidean hiru fase igarotzen ditu giharrak, elkarrengan solapatzen direnak; hantura, zelula sateliteen ugaltzea eta birmoldaketa. Hanturan, immunitate sistemaren lehen lerroko defentsa aktibatzen da, konplementuak (aktibatuta neutrofiloak eta makrofagoak erakartzen ditu), mastozitoeke (aktibatuta TNF- α , IL-1 eta histamina jariatzen ditu) eta neutrofiloek (aktibatuta TNF- α , IFN-g eta IL-1b jariatzen ditu) osatzen dutena (5). Kaltea konpontzeko, ehun hondarrak baztertzeko eta edozein infekzio prebenitzako helburua du, baina nahiz eta hasiera batean hori beharrezkoa izan, hanturazko gehiegizko erantzunak muskuluen birsorkuntzari kalte egin diezaiotke, homeostasia aldatuz eta muskuluen funtzioa berrezartzea zailduz (6,7). Birmoldaketa fasean, egoera proinflamatorio hori pixkanaka antiinflamatoriora aldatzen da.



2. irudia: Hanturako immunitate sistemaren lehen lerroko defentsa. Iturria: Elaborazio propioa (5).

Ariketa fisikoan muskulu aktiboen oxigenoaren erabilera 200 aldiz handiagoa da atsedenean baino, eta nahikoa intentsitate eta iraupen duen erresistentzia ariketek are gehiago eragin dezakete estres oxidatibo hau. Hainbat ikerketetan estres oxidatiboaren eta nekearen edo giharretako kaltearen arteko lotura ikusi da, eta horrek eragina izan dezake ariketaren errendimenduan. Horrez gain, muskulu eskeletikoaren atrofia estres oxidatiboarekin erlazionatuta dagoela ikusi da muskuluaren erabilerarik gabeko egoeretan, nahiz eta ez egon frogaririk kausa primarioa edo ondorioa den jakiteko. Mekanismoa MPSaren bidezkoa da; muskuluaren tamaina eta egituraketa muskuluko MPS aldaketek determinatzen dute, muskuluko proteinen degradazioarekin erlazionaturik egonik. Muskulua ez denean erabiltzen, MPS tasak murriztu egiten dira, murrizketa horrek proteinen balantze negatiboko egoera sortzen duelarik muskulu masaren eta tamainaren murrizketa bideratuz denborarekin (8). Egoera hau, lesio baten ondorioz atsedenean egon beharrak sor diezaiotke kirolariari. Horregatik, garrantzitsua da kalte horiei aurrea hartzea, elikagaien bidez antioxidatzaileak hartuz adibidez.

Bai hanturak eta baita estres oxidatiboak proteina muskularren aldaketan inpaktu negatibo bat dutela ikusi da, bereziki proteinen sintesiaren murrizketan (9).

3.2.- KURKUMINA

Kurkumina, Curcuma longa landareko pigmentu horia, kurkumaren osagai nagusietako bat da (%35-55), eta elikagaiak koloreztatzeke espezie eta agente gisa erabiltzen da. E100 ere deitzen da, eta eragin prebentibo edo ustez terapeutiko desiragarriak haren propietate antioxidatzaile eta antiinflamatorioekin ere lotu dira. AIS-eko sailkapenean B ebidentzia mailan dago sartuta, hori dela eta, baliteke ikerketa gehiago egin ondoren nahikoa ebidentzia izatea bere erabilera lagungarria dela baieztatzeke (10).

Kurkumina bere kabuz hartzearen arazo nagusietako bat bere bioerabilgarritasun eskasa da (11), hori, xurgapen eskas, metabolismo azkar eta kanporatze azkarragatik izan daitekeela ematen duelarik. Hainbat agente probatu dira kurkuminaren bioerabilgarritasuna hobetzeko. Gehienak kurkuminaren bide metabolikoa blokeatzeko garatuak izan dira. Adibidez, piperina, bioerabilgarritasuna hobetzeko ezaguna dena, hau, piperbeltzaren konsposatu aktiboena da, eta kurkuminaren bioerabilgarritasuna %2000-an handitzeagatik ezagutzen da (12). Piperinaz gain, fitosoma batzuk sortu dira kurkumina bera bakarrik xurga dadin (13). FDA-ren arabera, "nagusiki segurua" bezala dago sailkatua (14), eta tolerantzia eta segurtasun onak ikusi dira egin diren entsegu klinikoetan, baita 4 eta 8 g/eguneko dosietan eta 12 g/egunetan ere (15). Hala ere, esan beharra dago norbanakoaren dosi eraginkorra entrenamenduaren

bolumenaren eta intentsitatearen menpe egon daitekeela, ariketa fisikoak erantzun antioxidatzaile endogenoan eragina baitu.

Lehen aipatu bezala, hanturazko prozesuak beti daude estres oxidatiboari lotuta, eta zentzu berean EIMD-n bi erantzunak agertzen dira. Hori dela eta, EIMD leuntzeko modu bat, ahotik hanturaren aurkakoak diren edo antioxidatzaileak diren gehigarriak hartzea izan daitekeela dio, efektu horiek dituen produktu bat kurkumina izanik (2).

1999an arratoietan eginiko ikerketa baten arabera, kurkuminak traumatismo baten ondorengo giharraren birsorkuntza estimulatzeko efektu indartsua duela ikusi da. Hau, ebakuntza eta kirolarekin lotutako lesioetan ere eraginkorra izango litzateke, eta NF-kB inhibitzen duelako ondorioztatu da (16).

Oxidazioaren inguruan, kurkuminaren efektu antioxidatzailea oxigeno espezie erreaktiboak bahitzeko gaitasunarekin lotuta dagoela proposatu da, peroxidazio lipidikoa eta kalte zelularra eragozten dituelako erradikal askeak sortzen dituzten ioiak erretzeaz gain (17). 2020an egindako errebisio batek, kurkuminak antioxidatzaile defentsa sistema hobe dezakela iradokitzen du (3). Takahashi *et al.*-ek 2013an eginiko ikerketan ikusi zenez, ariketa aerobiko baten ondoren d-ROMs kantitate gutxiago agertu zen kurkumina gehigarria hartu zutenetan plazebo taldearekin alderatuz, eta gaitasun antioxidatzailea handitu zen (18). Kontrara, Drobic *et al.*-ek ez zuten efektu antioxidatzaile ikusi 200 mg gehigarri eman ondoren ariketaren aurretik eta ondoren (13). Beste ikerketa batean ere, d-ROMs-ak eta BAP kontzentrazioak ezberdintasunik gabe ikusi ziren kontrol taldean eta 180 g gehigarri eman zitzaizen taldean ariketa baino lehen eta ondoren (19). Basham *et al.*-ek ere gaitasun antioxidatzaile ez zioten ikusi kurkuminari 2019an eginiko ikerketan (20). Hori dela eta, zaila da kurkuminaren gaitasun antioxidatzailea zehaztea.

Efektu antiinflamatzailerari dagokionez, CK, IL-8 eta TNF- α murrizten dituela ikusi da, hauek hanturaren zitokinak izanik. Transkripzio faktoreak inhibituz jokatzen du kurkuminak, NF-kB eta AP-1 adibidez (21). Horrez gain, beste ikerketa batean prostaglandinen ekoizpena murrizten dela ikusi da, eta modulazio hau garrantzitsua izan daiteke, prostaglandinekin minaren eta ondorengo EIMD-aren eta IL-8/TNF- α -ren laztasuna igotzen baitituzte. Ikerketa berean, kurkumina gehigarria zuten taldeak CK, TNF-a eta IL-8 maila baxuagoak aurkeztu zituzten ariketa eszentrikoa egin ondoren plazeboa hartu zutenen aurrean. Honek, kurkuminaren kontsumoak hantura murrizten duela esan nahi du, eta beraz, errekupeazio-denbora murriztera eraman dezake (22). Antzeko planteatutako beste ikerketa batean, 200 mg kurkuminarekin egin zen proba, eta bertan, kurkumina taldeko askoz ere partehartzaile gutxiagok izan zuten gihar lesioaren ebidentzia erresonantzia magnetikoan.

Gihar kaltearen eta hanturaren markatzaileak askoz gutxiago igo ziren plazeboaren taldearekin alderatuta, gehien bat IL-8an ikusi zelarik emaitza hau. Honek, kurkumina DOMSak leuntzeko erabilgarria izan daitekeela adierazten du (13). Horrez gain, Delecroix *et al.*-ek eginiko ikerketak, 6 g kurkumina eta 60 g piperinak giharretako kaltea murriztu dezaketela eta ondorioztatu zuen errugbiko jokalarietan (23).

1. Taula. Kurkumina gehigarriak gihar kaltean, hanturan eta oxidazioan duen efektua ikertzen duten lanak.

Erreferentzia	Populazioa	Dosia/ egun	Iraupena	Ariketa	Emaitza	Ondorioa
Thaloor De <i>et al.</i> (1999) (16)	Arratoiak	0,15- 0,2 ml	4 egun	Tratamendua	Giharren birsorkuntza estimulatzen du	Eraginkorra
Takahashi <i>et al.</i> (2013) (18)	10 gizon	90 eta 180 mg	Egun 1	Ariketa aerobikoa	d-ROMs ↓, gaitasun antioxidatzailea↑	Eraginkorra
Tanabe Y. <i>et al.</i> (2019) (19)	10 gizon	180 mg	7 egun	50 kontrakzio eszentriko ukalondoa luzatuz eta uzkurtuz	d-ROMs eta BAP kontzentrazio ezberdintasunik ez plazebo eta kurkumina gehigarriekin	Ez eraginkorra
Basham <i>et al.</i> (2019) (20)	20 gizon osasuntsu	1500 mg	28 egun	15 minutuz eseri eta altxa	Antioxidatzaile markatzaileetan eraginik ez	Ez eraginkorra
McFarlin BK <i>et al.</i> (2016) (22)	28 pertsona	400 mg	Aste bat	Ariketa eszentrikoak	CK, TNF-α eta IL-8 maila baxuagoak kontrolaren aurrean	Eraginkorra

Drobnic F. <i>et al.</i> (2014) (13)	20 gizon osasuntsu	200 mg	4 egun	Aldapan behera korrika	Efektu antioxidatzailerik ez eta IL-8 maila baxuagoak kontrolaren aurrean	Ez eraginkorra oxidazioan baina bai hanturaran
Delecroix B. <i>et al.</i> (2017) (23)	16 eliteko errugbi jokalaria	6000 mg E100 + 60 mg piperina	4 egun	25x25 m hanka batean saltoka aldapan behera	Giharreko kaltea murrizten du	Eraginkorra

d-ROMS: Reactive Oxygen Metabolites; BAP: Potential Biological Antioxidant; CK: Creatine Kinase; TNF- α : Tumor Necrosis Factor α ; IL-8: Interleukina 8; E-100: Kurkumina

Ikerketa bakoitzak bere dosiak erabili ditu azterketak egiteko, eta, beraz, ez dago oraindik efektua eragingo duen dosi zehatzik adostuta. Dena den, badaude dosi eraginkorra zehaztera bideratu diren lanak. Ikerketa batek dioenez, inpaktu positibo bat lortzeko gutxienez behintzat 150 eta 1500 mg kurkumina/egun hartu beharko lirateke, ariketa fisikoa baino lehen eta ondoren, eta 72 ordu beranduago hartuta hain zuzen (2). Beste ikerketa baten arabera, ez ziren 8 g kurkumina baino gehiago hartu beharko egunean. Onura argiak ikusi dira 500 mg edo 2,5 g kurkumina hartuta 2 aldiz egunean, 10 eta 5 egunez hurrenez hurren (10).

Egia da ikerketa batzuk kurkuminaren suplementazioa estres oxidatiboarekiko, hanturarekiko eta EIMD-arekiko emaitza eztabaidagarriak ikusi dituztela, baina hori, zati batean dosien ezberdintasunak, gehigarriaren denborazkotasuna, ariketa fisikoaren iraupena, ariketa fisiko mota eta diseinuengatik izan daiteke (2).

3.3.- OMEGA-3

Gantz-azido poliasegabeekiko eta bereziki, omega-3arekiko interesak gora egin du azken urteotan, osasunaren sustapenean eta gaixotasunen arriskuaren murrizketan dituen funtzioen ondorioz. Gantz-azido poliasegabeen barne, azido α -linolenikoa, azido estearidonikoa, EPA, azido dokosapentaenoikoa eta DHA daude. Gantz-azido horiek dituzten olioak, edo horietako batzuk, landare-iturri jakin batzuetatik datoz nagusiki edo landareetan eraldatuta daude eta itsasoko iturrietatik ere badatoz, algetatik eta

zelulabakarretatik hain zuzen. Kate luzeko GA-3ak, hala nola EPA eta DHA, arrain koipetsuen gorputzeko lipidoetan, arrain zuri gihartsuen gibelean eta itsas ugaztunen koipean daude. Arrain-olioak omega-3 gantz-azido poliasegabe gehigarri gisa ere saltzen dira (24).

Omega-3 gantz-azidoek arreta handia jaso dute lesioetarako nutrizio-euskarriaren testuinguruan ere. Kasu askotan, arreta hori omega-3aren propietate antiinflamatorioekin eta immunomodulatzailerekin lotuta dago. Ikusi denez, omega-3 gehigarria garrantzitsua izan daiteke baldin eta hantura handiegia edo luzea bada. Hala ere, aurretik esan bezala kontu handiz aztertu behar da hanturaren aurkako sendagaien edo gehigarrien erabilera, oso garrantzitsua baita hanturazko erantzuna zauriak orbaintzeko. Esan beharra dago ebidentzia dagoela omega gehigarrien bidez zaurien orbaintzea hondatu egiten dela, beraz, lesio guztietarako omega-3 gehigarriak automatikoki gomendatzeak ez dirudi zuzurra, kasu bakoitza baloratu beharko da (25). AIS-en B ebidentzia mailako taldean dago sartuta, hau da, oraindik ikerketa gehiago behar dira honen efektuen eraginkortasuna guztiz baieztatzeko (10).

Esan bezala, omega-3ak hanturaren aurkako propietateak ditu. Dietan EPA eta DHA hartzen direnean, arraina bezalako elikagaien bidez edo arrain-olio gehigarri gisa, omega-6/omega-3 proportzio globala murrizten dute, eta bereziki AA/EPA erlazioa, hanturaren aurkako egoera bultzatzen baitu. Omega-3 gantz-azidoek COX-2 genearen adierazpena murrizten dute, eta dirudenez, NF kB bidearen inhibizioaren bidez egiten dute hau. Horrez gain, zitokina proinflamatorio arruntak kodetzen dituzten geneen adierazpena ere inhibitzen dute, hala nola TNF eta IL-1 (8). EPA eta DHA hauek mintz zelularretako fosfolipidoetan sartzen dira, omega-3ak zelula-mintzen CK-en ihesa eta muskulu-kaltearen beste adierazle batzuk inhibitzen dituztelarik ariketa egin ondorengo puntako orduetan, eta mintzaren jariakortasunean eragiten dutelarik. Horregatik, omega-3ak ezaugarri fisiologiko desberdinak dituela iradoki da, hala nola, mintzaren gaineko efektu babeslea eta hanturaren aurkako eraginkortasuna, hanturan eta muskulu-proteolisian inplikaturia. Hori guztia dela eta, omega-3a gehigarri bezala erabiltzea eraginkorra da ariketaren ondorengo muskulu-kalte arintzeko (26).

Lesioetako geldialdietan, aurretik esan bezala, muskulu masa galdu egiten da, eta horren aurrean posible da omega-3 gantz azidoen ingestak muskulu masa horren galera leuntzea.

Egindako ikerketak aztertuta, horietako batean, 1,8 g arrain-olio erabili ziren egunean, EPA 324 mg eta DHA 216 mg zituena, 30 egun lehenago eta baita ariketa programaren ondorengo 48 orduetan ere. Bertan, ariketa eszentrikoaren ondoren (ariketa egin eta 24 eta 48 ordura), hanturazko markatzaileak eta giharretako kalteen markatzaileak indargabetu izana hanturak eragindako giharretako kaltea gutxitzearekin lotuta egon daitekeela ikusi zen (27). Beste ikerketa batek, entrenatu gabeko pertsonetan, 4 astez omega-3ko gehigarriak emanez (3 g/egunean) ariketak sortutako min muskularra leundu zuela ondorioztatu zuen, eta DOMS-a. Horrez gain, ariketa eszentrikoa egin eta berehala, hanturazko erantzun gutxiagotu bat ikusi zen, eta ariketa egin eta 24 ordutara CK-ren jarduera murriztu egin zela (28). 2021ean egindako errebisio sistematiko batek omega-3 gehigarria erabilgarria zela EIMD leuntzeko, baina azterketa gehiago behar direla omega-3 dosi ezberdinekin eta ariketa-protokolo ezberdinekin eginda dosi onena eta maiztasuna ebaluatzeko adierazi zuen (26). Beste ikerketa batek, ondorio onuragarriak ikusi zituen 14 egunez eman ondoren 3 g-ko omega-3 dosia. Hori dela eta, honen arabera gehigarri honen erabilera akutua eraginkorra dela iradokitzen da muskuluetako minaren aurkako babeserako, baita 7 egun lehenago hartuta ere (29). Ondorengo ikerketa ez ondorioztatuengatik dago AIS-en arabera omega-3a B taldean. Bertan, dosi oso altu bat erabili zen honen efektuak ikusteko, hain zuzen 8 g-takoa. 33 egunez 6 eta 8 g-tako omega-3 gehigarriak eman ziren, EPA eta DHA 2:1 proportzioekin, eta ariketa eszentrikoaren ondorengo EIMD sintomak ez ziren arindu. Ondorioztatzen denez, beraien emaitzak omega-3aren suplementazioa eta EIMD lotzen dituen literatura eztabaidagarria gehitzen dira. Ikerketa honetan pertsona entrenatu eta entrenatu gabeak bateratuta egin zen, eta baliteke bi populazio hauek omega-3aren suplementazioari ezberdin erantzutea eta ondorioz dosi-protokolo ezberdinak behar izatea EIMD-an efektuak izateko. Ikerkuntza gehiago behar da iraupen, dosi eta iturrietan, baita EPA eta DHA kontzentrazioetan, min muskular hori murrizteko omega-3aren eraginkortasuna baieztatzeko (30). Ikerketa hauek ikusi ondoren, esan daiteke EPA eta DHA bidezko suplementazioak DOMS inhibitzeko gaitasuna baduela, baina gaur egun, ez dago argitutako aldi eta dosi egokirik. Beraz, beharrezkoa da baldintza egokiak ikertzea, etorkizunean adina, sexua, ariketa esperientzia, gaixotasunak eta abar kontutan hartuta.

2. Taula. EPA/DHA gehigarriek hanturan, giharreko minean eta EIMD-an duten efektua ikertzen duten lanak.

Erreferentzia	Populazioa	Dosia/ egun	Iraupena	Ariketa	Emaitza	Ondorioa
Tartibian <i>et al.</i> (2009) (27)	27 gizon osasuntsu	0,324 g EPA + 0,216 g DHA	30 egun	Banku bat pasa 40 minutuz	EIMD ↓	Eraginkorra
Kyriakidou Ye <i>et al.</i> (2021) (28)	14 gizon osasuntsu	3 g	30 egun	Aldapan behera korrika 60 minutuz	Giharretako mina eta DOMS-a ↓. 24 h-tara CK ↓	Eraginkorra
Jouris <i>et al.</i> (2011) (29)	3 gizon eta 8 emakume	2 g EPA eta 1 g DHA	7 egun	Ukalondoko kontrakzio eszentrikoak	Giharretako mina leundu	Eraginkorra
Visconti LM <i>et al.</i> (2021) (30)	26 erresistentzian entrenatutako gizon	6/8 g EPA+ DHA	33 egun	Beheko gorputz-adarrak mintzen dituen ariketa eszentrikoak	EIMD-k sortutako sintomak ez ditu leuntzen	Ez eraginkorra

EPA: Azido eikosapentaenoikoa; DHA: Azido dokosaheksaenoikoa; EIMD: Exercise-induced Muscle Damage; DOMS: Delayed Onset Muscle Damage; CK: Creatine Kinase.

Egunean 500-600 mg EPA + DHA hartzea da gutxieneko helburua populazioan, eta kontu handiz planifikatu behar da dieta, trinkotasun hori lortzeko. Bestela, omega-3 iturri dietetiko sendorik ez dutenentzat edo kontsumitzen ez dutenentzat, egunean 1-2 kapsulako gehigarri batek (olioaren eta markaren arabera) emaitza baliokideak lortuko ditu. Arrain olioaren gehigarria erabil daiteke zirkulazioko EPA eta DHA kantitateak azkar igotzeko eta mintzetako kontzentrazioa igotzeko entrenamendu karga handiko eta hantura egoerako denbora tarteetan. Egoera horietan 1000-2000 mg/egun EPA + DHA epe motzean eraginkorrak direla ikusi da (10). Horrez gain, EFSA-ren arabera, epe luzeko kontsumoan, omega-3 gantz azido poliasegabeen 5 g/egun arteko dosia da segurua. Iraupen luzeagoek edo dosi handiagoek funtzio immunitarioari eragin diezaiokete, hanturazko erantzuna ezabatzearen ondorioz. Dosi altuek ere odoluste-denbora handitu dezakete plaketen agregazioaren murrizketaren ondorioz (28).

3.4.- ESNE GAZURAREN PROTEINA

Proteina hau, esne gazuratik ateratako eta nagusiki balio biologiko altuko proteina globularrez osaturiko produktua da, gazta batzuen eraketatik ateratzen den esneki likidoa. Lesioen errekupeazioarekin gehien lotzen den gehigarri nutrizionala proteinak dira, geldialdian egonik, muskulu galera ematen baita. AIS-en arabera, gehigarri hau A taldean dago sartuta (10). Proteina honen suplementazioa funtsezkoa izan daiteke giharren indarrarentzako ebakuntza ondorengo geldialdian eta erreabilitazio aktiboko prozesuan. Horrez gain, giharrean kaltea dagoela adierazten duten adierazleen igoera leundu dezake, CK eta LDH bezalakoena, eta ariketa fisikoaren ondorengo gihar eskeletikoaren errekupeazioan lagundu (31).

Ez dira ikerketak egin ariketa fisikoak eragindako lesio muskularren inguruan zuzenki, baina bai ikusi dela efektu immunomodulatzaile bat izan dezakeela 2014an eginiko ikerketa batean, hanturako zitokinen mailak jaisten baititu (IL-1a, IL-1b, IL-10 eta TNF- α) eta immunitate sistema normal mantentzen duten zitokinak igo (IL-2, IL-4, IL-7 eta IL-8) (32). Horrez gain, 2015eko errebisio batean, ariketa fisiko eszentriko baten ondoren min muskularra murriztu zuela ondorioztatu zen. Hori, CK, aldolasa, LDH, granulozito elastasa edo DOMS-a begiratzuz esan zuten (33). 2020an egindako beste ikerketa batek, entrenatu gabeko gizonak ariketa eszentrikoa egin eta hainbat egunez egunean 3 aldiz 0,3 g/kg esne gazuraren proteina hartzean giharretako minaren biomarkatzaileak gutxitu zirela ondorioztatu zuen (34). 2018ko metanalisi batean erresistentzia entrenamendu baten ondorengo giharren errekupeazio tenporala aztertu zen esne gazuraren proteina emanez, baina ikerketa erdiek baino gutxiagok baieztatzen zutenez eraginkortasuna, ezin izan zuen ondorio adosturik atera (35). 2018an emakumeetan esne gazuraren proteinak zuen eragina EIMD-an aztertzean, hanturako zitokinen mailak jaitsi eta immunitate sistema normal mantentzen duten zitokinak igo egin zirela ikusi zen (36).

3. Taula. *Esne gazuraren proteina gehigarriek hanturan eta gihar kaltean duten efektua ikertzen duten lanak.*

Erreferentzia	Populazioa	Dosia/ egun	Iraupena	Ariketa	Emaitza	Ondorioa
Nieman DC <i>et al.</i> (2020) (34)	92 entrenatu gabeko gizon	0,9 g/kg	Egun batzuk	Bankuko prentsa + 30 s Wingate testa	CK eta gihar kalte mailak baxuagoak ariketa ostean	Eraginkorra
Brown MA <i>et al.</i> (2018) (36)	20 emakume aktibo	2x20 g	4 egun	15x30 m sprint	Hanturako zitokinak ↓, immunitate sistema normal mantentzen duten zitokinak ↑	Eraginkorra

CK: Creatine Kinase.

Esne gazuraren proteinaren funtzio garrantzitsuena lesio batean, muskuluaren galera ahalik eta gehien ekiditea izango litzateke. 2011an Phillips-ek eginiko ikerketa baten arabera, ariketa fisikoaren ondoren MPS maximoan aktibatzeko gutxienez kalitate altuko 25 gramo proteina behar dira, horietatik gutxienez 8-10 gramo aminoazido esentzialekin, leuzina asko izatea komeni izaten delarik (37). Gomendatzen diren 20-40 g esne-gazura proteina/otorduk gihar masaren galera murrizten eta giharreko proteinen sintesia hobetzen lagun dezake (38). Modu horretan, geldialdian egotean sortzen den gihar masa galera hori leuntzea lortuko litzateke proteina ingesta handiagoa eginez.

3.5.- D BITAMINA

D bitamina mikronutriente bat da, funtzio immunologikoarekin erlazionatutako bide ezberdinak modulatzeko dituen. Horien artean disfuntzio mitokondrialak (estres oxidatiboaren ondoriozkoa eta ROS ekoizpenagatikoa), autofagia eta hantura aurkitzen dira. Elikagaien bidez lor daiteke nutriente hau, edota dermisen sintetizatu daiteke eguzkiaren UVB izpiengatik, baina hainbat faktorek baldintzatzen dute D bitaminaren sintesia; esposizio denbora, urtaroa, latitudea, klima, genetika... Horrez gain, D bitamina maila antzekoak dituzten pertsonen ezberdin erantzun diezaiokete gehigarriari. AIS-en arabera, A taldean dago sartuta, beraz, bere erabilera ziurra da (10).

Hainbat ikerketek D bitaminaren garrantzia frogatu dute giharren konponketan, nagusiki mioblastoaren ezberdintzapenean eta proliferazioan parte hartzeagatik. D bitaminaren errezeptorea giharretako satelite zeluletan espresatzen da, lesio ondorengo giharraren birsorkuntzaren arduradun direlarik horiek (39). IGF-k giharren hazkuntzan, ezberdintzapenean eta homeostasiaren mantentzean paper garrantzitsu bat jokatzen du, eta baita ere birsorkuntzan eta hipertrofin. D bitaminak IGF-II-aren sintesia indultzen du, eta D bitaminaren faltak giharreko muskuluen hazkuntza eta biziraupena aldatzen du (40,41).

Arratoietan egindako ikerketa batean, D bitaminaren suplementazioak plasmako CK-ren askapena eta TNF- α murriztu zituen esfortzu fisiko gogor baten ondoren. Immunomodulazioan parte hartzen du zelula immunitarioen aktibitatea erregulatuz, makrofago eta T zelula hain zuzen ere (42). In vitro eginiko beste ikerketa batek, D bitamina 4000 IU/egun gehigarri ematean ariketa eszentrikoaren ondorengo 48 ordu eta 7 egunetan errekuerazioa hobetu zela ikusi zen plazebo taldearekin alderatuz. Ikerketa berean in vivo ikusi zenez, D3 bitaminaren gehigarriak gihar eskeletikoaren errekuerazioari, errekuerazioari eta hipertrofiari mesede egin diezaioke (43). Beste ikerketa batek igerilari eta urpekarien lesio uneetan D bitamina zirkulatuaren maila baxuak ikusi dituzte (44). Ashtary-Larky *et al.*-ek behin administratutako D bitaminaren megadosi bat erabili zuten, eta kalte muskularra eta hantura erantzuna ez zirela hobetu ikusi zuten. Horrek, zirkulazioan dauden D bitamina mailak mantentzeko D3 bitaminaren eguneroko administrazioa astean behin edo hilabetean behin hartzea baino eraginkorragoa dela adierazi dezake (45). Owns DJ *et al.*-ek 2017an egindako beste ikerketa batek dosi handiak erabili zituen ere bai, eta hemen ere ondorio bezala dosi txikiagoak eraginkorragoak zirela esan zuten dosi erraldoiaren aurrean (46). In vitro edo animaliekin ikusi diren emaitza positiboak ez dira gizakietara estrapolatu, eta aldakortasun handia ikusten da ikerketa batetik bestera.

4. Taula. *D bitamina gehigarriak berandu agertutako giharretako minean duen efektua ikertzen duten lanak.*

Erreferentzia	Populazioa	Dosia	Iraupena	Ariketa	Emaitza	Ondorioa
Owens DJ <i>et al.</i> (2015) (43)	D bitamina baxuko 20 gizon	4000 IU/egun	12 aste	20x10 belaun luzatzailearen kontrakzio eszentriko	Gihar eskeletikoaren errekupeazioa, erregenerazioa eta hipertrofiari mesede egin liezaioke	Eraginkorra
Lewis R.M <i>et al.</i> (2013) (44)	45 atleta	4000 IU/egun	6 hilabete	D bitamina tratamendua	Lesionatutako atletak eta D bitamina ↓ erlazioa	Eraginkorra
Barker, T. <i>et al.</i> (2013) (42)	13 gizon aktibo	4000 IU	35 egun	30 minutu ariketa fisiko 3 aldiz astean	Berehalako eta atzeratutako muskulu-tako kaltea ahuldu	Eraginkorra
Ashtary-Larky D <i>et al.</i> (2020) (45)	14 erresistentzia kirolari gizon	300 IU	8 aste	Indarreko ariketak	Kalte muskularra eta hantura erantzuna ez ziren hobetu	Ez eraginkorra
Owens DJ <i>et al.</i> (2017) (46)	42 eliteko gizon kirolari	35000/70000 IU/aste	12 aste	D bitamina tratamendua	D bitaminaren maila handiak serumean	Ez eraginkorra

Dosiari dagokionez, ez dago bateratutako dosirik finkatuta lesioen errekupeaziorako, baina esan bezala, egunero hartu beharko litzateke gehigarria. Hainbat gehigarri eskema daude D bitaminari buruz. Batzuek 2000 UI/egun gomendatzen dute 1-2 hilabetez gordailuak betetzeko (10). Endokrinologia Klinikoko Elkarteak 2011an 50.000 UI/aste gomendatu zituen defizita duten helduetan, kirolariengan aipamenik egin gabe. Beste protokolo batzuek altuagoa den dosi bat proposatzen dute, 70.000 UI/aste 12 astez (47). Baina eguneko dosi gomendatua helduentzat 600 UI/egun da.

3.6.- KREATINA

Kreatina naturalki gorputzean aurkitzen den substantzia kimiko bat da. Haragi gorri eta itsaskietan ere agertzen da. Kreatinaren gehiengoa (%95) gihar eskeletikoan gordetzen da; bi heren forma fosforilatuan eta heren bat kreatina aske moduan. Energia, sustratu bezala erabiltzen da gihar eskeletikoaren uzkurduan ariketa fisiko intentsuetan. Nahiz eta energia ekoizpena oso handia den substantzia honen bidez, gordetze ahalmena oso mugatua da; 8-10 segundutako gehieneko ariketa mantentzeko beste energia gordetzen da gihar eskeletikoan. Kreatina suplementazio hau gehienbat giharretako fosfokreatina mailak handitzeko erabiltzen da nagusiki, baita kreatina askea handitzeko ere, nekea ahalik eta beranduen agertzeko. AIS-ek A taldean sailkatzen du gehigarri hau (10).

Kreatinak, esne gazuraren proteinak bezala, gehienbat lesioen ondorengo geldialdiko muskuluen galera murrizten lagunduko du. Gihar masaren eta funtzioaren galerarekin batera, giharreko kreatina %24 arte jaisten da muturreko geldialdietan. Horren ondorioz, giharreko kreatina mantentzea edo handitzea gehigarrien bidez geldialdietan edo lesioen errekupeazioan onuragarria izan daiteke. Zazpi ikerketa argitaratu dira kreatinaren suplementazioaren erabileraren inguruan immobilizazio garaian, eragin positibo batzuekin: 1) gihar masaren, indarraren eta gihar erresistentziaren mantentze hobea; 2) giharreko kreatinaren mantentze edo igoera; 3) GLUT4-aren mantentzea edo igoera; 4) giharreko glukogenoaren igoera; 5) MRF4 hazkuntza faktorearen espresioaren handitzea (48).

Ikerketa batean 20 g/egun kreatina gehigarrik kirolarrietan zuen efektua aztertu zen 2 aste geldik egon ondoren. Erreabilitazio hau 10 astez egin zen, astean 3 sesio eginez, belauna luzatzeko eginiko ariketekin. Kreatina hartu zuen taldeak gihar zuntzaren area transbertsalean aldaketa handiagoak erakutsi zituen (%10 gehiago) eta baita indar maximoan (%25 gehiago) ere erreabilitazio fasean. Aldaketa hauek MRF4-aren espresio handitzearekin erlazionatu ziren (49). Beste ikerketa batek, immobilizazio fasean kreatinaren suplementazioa aztertu zuen. Bertan, giharreko GLUT4-aren (glukosa garraiatzen duen proteina, gorputz osotik gihar eskeletikoan dagoena gehienbat) murrizketa saihesteko gai izan zela frogatu zen immobilizazioan zehar, eta %9an igo erreabilitazio fasean, kontroleko taldeko pertsona osasuntsuetan %20an murriztu zen bitartean (48). Hala ere, beste ikerketa batek kontrako emaitzak aurkeztu zituen. Kreatina bidezko suplementazioak ez zituen indarra ezta gaitasun funtzionala aldatu belauneko aurrealdeko lotailu gurutzatuaren erreabilitazioan (50). Nahiz eta ikerketa guztiek kreatininaren onurak ez erakutsi, 2017an ISSN-k esan zuenez, kreatina erabilgarria izan daitekeela immobilizazioko atrofia muskularra gutxitzeko eta errekupeazioa sustatzeko.

5. Taula. Kreatina gehigarriak gihar masan duen efektua ikertzen duten lanak.

Erreferentzia	Populazioa	Dosia/ egun	Iraupena	Ariketa	Emaitza	Ondorioa
Hespele P. <i>et al.</i> (2001) (49)	22 pertsona osasuntsu	20 g	12 aste	Belauna luzatze ariketak	Gihar zuntzaren area transbertsalean (%10) eta indar maximoan (%25) aldaketa	Eraginkorra
Safdar, A. <i>et al.</i> (2008) (48)	12 gizon osasuntsu	20 g 3 egunez + 5 g 7 egunez	10 egun	Kreatina tratamendua	GLUT4 %9an ↑ erreabilitazio fasean	Eraginkorra
Timothy F Tyler <i>et al.</i> (2004) (50)	60 pertsona	20 g 7 egunez + 5 g 11 astez	12 aste	Hainbat indar ariketa	Indarra eta gaitasun funtzionalaren handipenik ez	Ez eraginkorra

Gihar masa hori handitzeko eta ondoren mantentzeko dosia, 3 g/egun izango litzateke egunero hartzeko asmotan (51). Geldialdian pasatzen den denboran dosi hori hartu beharko da efektuak lortzeko (52).

3.7.- GEREZI AZIDOA

Gerezi azidoa *Prunus cerasus* zuhaitzaren fruitua da, Europa eta Asia hego-ekialdean duena jatorria. Hainbat fitokimiko ditu, gehienbat flabonoideak eta antozianinak. Konposatu horiek beste gerezietan ere agertzen dira, baina gerezi azidoan askoz kontzentratuago daude.

Dauden ikerketak aztertuta, ez daude giharretako lesioetan zuzenean aterakin erabili diren ikerketak, baina hainbat eta hainbat daude bere erabilera antiinflamatorio, ariketa eszentrikoaren ondorengo giharraren errekupeziarako eta ariketa intentsu baten ondorengo mina leuntzeko erabili daitezke frogatzen dutenak. Efektu hauek lesioekin lotura handia dutenez, aplikagarriak izan litezke.

2006tik hainbat ikerkuntza argitaratu dira bere efektu antiinflamatorio eta antioxidatzaileen inguruan. Frogatuta dago flabonoideek eta antozianinek estres oxidatiboa murriztu eta COX1 eta COX2-aren aktibitateak inhibitzen dituzela antiinflamatorio ez esteroideoen neurri

antzekoan. Connolly *et al.* (2006) lehenak izan ziren gerezi azidoen bidezko suplementazioarekin gihar funtzioaren errekupeazio azkartua frogatzen intentsitate altuko ariketa eszentrikoaren ondoren (53). Diseinu antzekoa erabiliz, Bowtell *et al.* (2011)-ek proteinen oxidazio tendentzia baxuagoa ikusi zuten gerezi azidoaren suplementazioarekin, baina ez zuen ezberdintasunik ikusi hanturaren indizeetan (54). 2015ean eginiko ikerketa batean, hantura faktoreen artean interleukinak, TNF- α eta CRP, estres oxidatiborako hiperoxido lipidikoak eta kalte muskularrerako CK aztertu ziren. Interleukina-6 eta CRP mailak murriztu egin ziren, baina beste emaitzetan ez zen ezberdintasunik ikusi. Hala ere, ikerketaren emaitzek gerezi azidoa txirindu-ariketa gogor baten ondorengo errekupeazioa bizkortzeko eta hantura murrizteko elikagai funtzional eraginkor bat izan daitekeela esaten dute (55). 2016ko beste ikerketa batek 480 mg gerezi azidoaren (pilula eran) eragina aztertu zuen maratoi erdiko korrikalarien artean. Giharreko katabolismoaren adierazle batzuen (kreatinina, nitrogeno ureikoa eta kortisola) gutxitzea ikusi zen. Hanturaren adierazleak %47 gutxiago izan ziren gerezi azidoaren taldean kontrolarekin alderatuz (56). 2014an Castello G. eta kolaboratzaileek eginiko beste ikerketa batean, konposatu fenolikoek hantura inhibitzen duela ikusi zen COX-2 bidearen inhibizioz, honek oxidazio bidezko ehunaren kaltea murrizten duelarik eta baita mina ere (57).

6. Taula. Gerezi azido gehigarriak hanturan, oxidazioan eta gihar kaltean duen efektua ikertzen duten lanak.

Erreferentzia	Populazioa	Dosia/ egun	Iraupena	Ariketa	Emaitza	Ondorioa
Connolly, D. A. (2006) (53)	14 gizon	2x355 ml gerezi azido zuku	2 aste	2x20 ukalondo uzkurketa maximo	Indar galtzea eta giharreko mina ↓	Eraginkorra
Bowtell <i>et al.</i> (2011) (54)	10 gizon entrenatu	2x30 ml gerezi azido kontzen tratu	10 egun	10x10 belaun luzatzearen kontrakzio	Proteinen oxidazioa ↓, hantura indizeak =	Oxidazioa- ko eraginkorra, hanturarako ez eraginkorra

Bell PG <i>et al.</i> (2015) (55)	15 txirrindulari	2x30 ml gerezi azido kontzen tratu	7 egun	12x5 s + 6x10 s + 4x15 s esfortzu maximo txirriandan	IL-6 eta CRP mailak (hantura adierazleak) ↓	Eraginkorra
Levers K <i>et al.</i> (2016) (56)	7 erresistentzia korrikalari edo triatleta	Cherry-Pure 480 mg (pilula bat)	10 egun	Maratoi erdia	Gihar katabolismoa eta hantura ↓	Eraginkorra
Kastello G. <i>et al.</i> (2014) (57)	14 gizon osasuntsu	Cherry-Flex 2000 mg (bi pilula)	20 egun	50 uzurdura eszentriko	CRP (hantura) eta giharreko mina ↓	Eraginkorra

Hainbat formatutan har daiteke gerezi azidoa, fruta bera, zuku moduan, zuku kontzentratu moduan, hautsean eta aterakin moduan. Ikertu diren efektuak lortzeko, egunean 100-200 gerezi azido unitate naturalki jan beharko lirатеke, horiek baitituzte 80 mg antozianina. Hori ez denez batere erosoа, kontzentratuak erabiltzen dira, zuku moduan edo pilula moduan. Pilulatan hartzekotan, 400 mg hartu beharko lirатеke, eta zuku moduan 470-700 ml (58).

4.- ONDORIOAK

Lesio muskularren errekupeazioan lagungarriak diren nutrienteak hainbat funtziotan erabil daitezke nagusiki hiru aspektutan eragiten dutelako; antiinflamatorio moduan, antioxidatzaile moduan edo gihar birsorkuntzan estimulatuz. Kurkuminaren gutxieneko 150-1500 mg/egun hartzeak egoera antiinflamatorioa sortzen lagunduko du, eta posible da estres oxidatiboa murrizteko ahalmena izatea ere. Omega-3aren kasuan, hantura egoera luzeetarako egokia izango dela ikusi da. Efektu antiinflamatorioa izateaz gain, ariketa osteko mina leuntzeko eta lesio osteko geldialdiko muskulu galera leuntzeko erabilgarria izango da. Hau denbora-tarte luzea izango denez, gutxienez 500-600 mg/egun eta gehienez 5 g/eguneko dosia hartuko da. Hori bai, lesio bakoitza aztertu beharko da kontrako efekturik ez sortzeko. Esne gazuraren proteina, nagusiki, omega-3aren kasuan bezala, geldialdiko muskulu galera murrizteko erabiliko da, baina antiinflamatorio moduan ere eraginkorra izango da. Efektu horiek lortzeko, 20-40 g/egun hartu beharko dira. D bitaminaren kasuan, lesioen errekupeaziorako dosirik ez dago finkatuta, baina egunero hartu beharko litzateke gutxienez 600 UI efektu antiinflamatorioan, giharraren erregenerazioan eta lesioen prebentzioan laguntzeko. Kreatinari dagokionez, lesioekin erlazionatuta izango duen efektu nagusia geldialdiko muskulu galera murriztea eta indarra handitzea izango da. Hartu beharreko dosia 3 g/egun izango da. Gerezi azidoa erabilgarria izango da hantura inhibitzeko, ariketa intentsuaren ondorengo mina leuntzeko, ariketan zehar giharraren katabolismoa murrizteko eta proteinen oxidazioa murrizteko. Horretarako, bere konposatua den antozianinaren 80 g hartu beharko lirateke gutxienez egunean. Amaitzeko, esan beharra dago ikerketa gehiagoren beharra dagoela gehigarri hauen eraginak lesioetan guztiz baieztatzeko, nutrizioaren bidezko lesioen errekupeazioa espezifikoki eta sakon ez baita izan oraindik ikertua. Horrez gain, dosi eraginkorren inguruan ere ez dago ondorio bateraturik, beraz, bai beraien efektuen inguruan eta bai lesioetan izango duten jokaeraren inguruan ikerketa gehiago egin beharko dira. Hala ere, lan honetan aipatutako dosiek kalterik ez dutenez eragingo, segurua izango da gehigarri hauek kontzentrazio horietan hartzea.

5.- BIBLIOGRAFIA

1. Hotfiel T, Freiwald J, Hoppe M, Lutter C, Forst R, Grim C, *et al.* Advances in delayed-onset muscle soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and diagnostics. *Sportverletz Sportschaden* [Internet]. 2018;32(04):243-50. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1055/a-0753-1884>
2. Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Seco Calvo J, Córdova Martínez A, Caballero García A, Fernandez-Lazaro CI. Modulation of exercise-induced muscle damage, inflammation, and oxidative markers by curcumin supplementation in a physically active population: A Systematic Review. *Nutrients* [Internet]. 2020;12(2):501. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.3390/nu12020501>
3. Fang W, Nasir Y. The effect of curcumin supplementation on recovery following exercise-induced muscle damage and delayed-onset muscle soreness: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytother Res* [Internet]. 2021;35(4):1768-81. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1002/ptr.6912>
4. Campbell MS, Carlini NA, Fleenor BS. Influence of curcumin on performance and post-exercise recovery. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2021;61(7):1152-62. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2020.1754754>
5. Vergara-Gutiérrez L;., Lizárraga-Dallo A;., Pruna-Grive R. *Educació Física i Esports*. 2020;8-20.
6. Chazaud B. Inflammation during skeletal muscle regeneration and tissue remodeling: application to exercise-induced muscle damage management. *Immunol Cell Biol* [Internet]. 2016;94(2):140-5. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1038/icb.2015.97>
7. Souza J de, Gottfried C. Muscle injury: Review of experimental models. *J Electromyogr Kinesiol* [Internet]. 2013;23(6):1253-60. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.07.009>
8. McGlory C, Calder PC, Nunes EA. The influence of omega-3 fatty acids on skeletal muscle protein turnover in health, disuse, and disease. *Front Nutr* [Internet]. 2019;6:144. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.3389/fnut.2019.00144>
9. Magne H, Savary-Auzeloux I, Rémond D, Dardevet D. Nutritional strategies to counteract muscle atrophy caused by disuse and to improve recovery. *Nutr Res Rev* [Internet]. 2013;26(2):149-65. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1017/s0954422413000115>
10. Australian Sports Commission. Supplements. 2021 [2022ko maiatzaren 19a]; Eskuragarri: <https://www.ais.gov.au/nutrition/supplements>
11. Anand P, Kunnumakkara AB, Newman RA, Aggarwal BB. Bioavailability of curcumin: Problems and promises. *Mol Pharm* [Internet]. 2007;4(6):807-18. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1021/mp700113r>

12. Shoba G, Joy D, Joseph T, Majeed M, Rajendran R, Srinivas P. Influence of piperine on the pharmacokinetics of curcumin in animals and human volunteers. *Planta Med* [Internet]. 1998;64(04):353-6. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1055/s-2006-957450>
13. Drobic F, Riera J, Appendino G, Togni S, Franceschi F, Valle X, *et al.* Reduction of delayed onset muscle soreness by a novel curcumin delivery system (Meriva®): a randomised, placebo-controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2014;11(1):31. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1186/1550-2783-11-31>
14. Gupta SC, Patchva S, Aggarwal BB. Therapeutic roles of curcumin: Lessons learned from clinical trials. *AAPS J* [Internet]. 2013;15(1):195–218. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1208/s12248-012-9432-8>
15. Lao CD, Ruffin MT IV, Normolle D, Heath DD, Murray SI, Bailey JM, *et al.* Dose escalation of a curcuminoid formulation. *BMC Complement Altern Med* [Internet]. 2006;6(1). Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6882-6-10>
16. Thalloor D, Miller KJ, Gephart J, Mitchell PO, Pavlath GK. Systemic administration of the NF- κ B inhibitor curcumin stimulates muscle regeneration after traumatic injury. *Am J Physiol Cell Physiol* [Internet]. 1999;277(2):C320-9. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1152/ajpcell.1999.277.2.c320>
17. Itokawa H, Shi Q, Akiyama T, Morris-Natschke SL, Lee K-H. Recent advances in the investigation of curcuminoids. *Chin Med* [Internet]. 2008;3(1). Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1186/1749-8546-3-11>
18. Takahashi M, Suzuki K, Kim HK, Otsuka Y, Imaizumi A, Miyashita M, *et al.* Effects of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress in humans. *Int J Sports Med* [Internet]. 2014;35(6):469-75. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1357185>
19. Tanabe Y, Chino K, Ohnishi T, Ozawa H, Sagayama H, Maeda S, *et al.* Effects of oral curcumin ingested before or after eccentric exercise on markers of muscle damage and inflammation. *Scand. J Med Sci.* 2018;29:524-34.
20. Basham SA, Waldman HS, Krings BM, Lamberth J, Smith JW, Mcallister MJ. Effect of Curcumin Supplementation on Exercise-Induced Oxidative Stress, Inflammation, Muscle Damage, and Muscle Soreness. *J Diet Suppl.* 2019;1:1-14.
21. Suhett LG, de Miranda Monteiro Santos R, Silveira BKS, Leal ACG, de Brito ADM, de Novaes JF, *et al.* Effects of curcumin supplementation on sport and physical exercise: a systematic review. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2021;61(6):946-58. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2020.1749025>
22. McFarlin BK, Venable AS, Henning AL, Sampson JNB, Pennel K, Vingren JL, *et al.* Reduced inflammatory and muscle damage biomarkers following oral

- supplementation with bioavailable curcumin. *BBA Clin* [Internet]. 2016;5:72-8. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbacli.2016.02.003>
23. Delecroix B, Abaïdia AE, Leduc C, Dawson B, Dupont G. Curcumin and piperine supplementation and recovery following exercise induced muscle damage: A randomized controlled trial. *J Sports Sci Med*. 2017;16(1):147-53.
 24. Shahidi F, Ambigaipalan P. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annu Rev Food Sci Technol* [Internet]. 2018;9:345-81. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-food-111317-095850>
 25. Tipton KD. Nutritional support for exercise-induced injuries. *Sports Med* [Internet]. 2015;45(S1):93-104. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-015-0398-4>
 26. Xin G, Eshaghi H. Effect of omega-3 fatty acids supplementation on indirect blood markers of exercise-induced muscle damage: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Food Sci Nutr* [Internet]. 2021;9(11):6429-42. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.2598>
 27. Tartibian, Bakhtiar; Maleki, Behzad Hajizadeh; Abbasi, Asghar (2009). The Effects of Ingestion of Omega-3 Fatty Acids on Perceived Pain and External Symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness in Untrained Men. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 19(2), 115–119. doi:10.1097/jsm.0b013e31819b51b3
 28. Kyriakidou Y, Wood C, Ferrier C, Dolci A, Elliott B. The effect of Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on exercise-induced muscle damage. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2021;18(1). Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-020-00405-1>
 29. Jouris KB, McDaniel JL, Weiss EP. The Effect of Omega-3 Fatty Acid Supplementation on the Inflammatory Response to eccentric strength exercise. *J Sports Sci Med*. 2011;10(3):432-8.
 30. Visconti LM, Cotter JA, Schick EE, Daniels N, Viray FE, Purcell CA, *et al*. Impact of varying doses of omega-3 supplementation on muscle damage and recovery after eccentric resistance exercise. *Metabolism Open* [Internet]. 2021;12(100133):100133. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1016/j.metop.2021.100133>
 31. Quintero KJ, Resende A de S, Leite GSF, Lancha Junior AH. An overview of nutritional strategies for recovery process in sports-related muscle injuries. *Nutrire* [Internet]. 2018;43(1). Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1186/s41110-018-0084-z>
 32. Sousa M, Teixeira VH, Soares J. Dietary strategies to recover from exercise-induced muscle damage. *Int J Food Sci Nutr* [Internet]. 2014;65(2):151-63. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2013.849662>

33. Patel S. Functional food relevance of whey protein: A review of recent findings and scopes ahead. *J Funct Foods* [Internet]. 2015;19:308-19. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.09.040>
34. Nieman DC, Zwetsloot KA, Simonson AJ, Hoyle AT, Wang X, Nelson HK, *et al.* Effects of whey and pea protein supplementation on post-eccentric exercise muscle damage: A randomized trial. *Nutrients* [Internet]. 2020;12(8):2382. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.3390/nu12082382>
35. Davies R, Carson B, Jakeman P. The effect of whey protein supplementation on the temporal recovery of muscle function following resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients* [Internet]. 2018;10(2):221. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.3390/nu10020221>
36. Brown MA, Stevenson EJ, Howatson G. Whey protein hydrolysate supplementation accelerates recovery from exercise-induced muscle damage in females. *Appl Physiol Nutr Metab* [Internet]. 2018;43(4):324-30. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1139/apnm-2017-0412>
37. Phillips SM, Van Loon LJC. Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. *J Sports Sci* [Internet]. 2011;29(sup1):S29-38. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.619204>
38. Niitsu M, Ichinose D, Hirooka T, Mitsutomi K, Morimoto Y, Sarukawa J, *et al.* Effects of combination of whey protein intake and rehabilitation on muscle strength and daily movements in patients with hip fracture in the early postoperative period. *Clin Nutr* [Internet]. 2016;35(4):943–9.
39. Braga M, Simmons Z, Norris KC, Ferrini MG, Artaza JN. Vitamin D induces myogenic differentiation in skeletal muscle derived stem cells. *Endocr Connect* [Internet]. 2017;6(3):139-50. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1530/ec-17-0008>
40. Garcia LA, King KK, Ferrini MG, Norris KC, Artaza JN. 1,25(OH)₂Vitamin D₃ stimulates myogenic differentiation by inhibiting cell proliferation and modulating the expression of promyogenic growth factors and myostatin in C2C12 skeletal muscle cells. *Endocrinology* [Internet]. 2011;152(8):2976-86. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1210/en.2011-0159>
41. Girgis CM, Clifton-Bligh RJ, Mokbel N, Cheng K, Gunton JE. Vitamin D signaling regulates proliferation, differentiation, and myotube size in C2C12 skeletal muscle cells. *Endocrinology* [Internet]. 2014;155(2):347-57. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1210/en.2013-1205>

42. Barker T, Schneider ED, Dixon BM, Henriksen VT, Weaver LK. Supplemental vitamin D enhances the recovery in peak isometric force shortly after intense exercise. *Nutr Metab (Lond)* [Internet]. 2013;10(1):69. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1186/1743-7075-10-69>
43. Owens DJ, Sharples AP, Polydorou I, Alwan N, Donovan T, Tang J, *et al.* A systems-based investigation into vitamin D and skeletal muscle repair, regeneration, and hypertrophy. *Am J Physiol Endocrinol Metab* [Internet]. 2015;309(12):E1019-31. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1152/ajpendo.00375.2015>
44. Lewis RM, Redzic M, Thomas DT. The effects of season-long vitamin D supplementation on collegiate swimmers and divers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2013;23(5):431-40. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1123/ijsnem.23.5.431>
45. Ashtary-Larky D, Kheirollah A, Bagheri R, Ghaffari MA, Mard SA, Hashemi SJ, *et al.* A single injection of vitamin D3 improves insulin sensitivity and β -cell function but not muscle damage or the inflammatory and cardiovascular responses to an acute bout of resistance exercise in vitamin D-deficient resistance-trained males. *Br J Nutr* [Internet]. 2020;123(4):394-401. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1017/S0007114519002770>
46. Owens DJ, Tang JCY, Bradley WJ, Sparks AS, Fraser WD, Morton JP, *et al.* Efficacy of highdose vitamin D supplements for elite athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2017;49(2):349-56.
47. Martínez A, Sánchez Oliver AJ, Didier Hernandez C, Mata Ordoñez F, Giménez J, González Rodríguez J, *et al.* Alimentación y rendimiento deportivo. Entrenamiento visible e invisible. Culbuks; 2021.
48. Safdar A, Yardley NJ, Snow R, Melov S, Tarnopolsky MA. Global and targeted gene expression and protein content in skeletal muscle of young men following short-term creatine monohydrate supplementation. *Physiol Genomics* [Internet]. 2008;32(2):219-28. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1152/physiolgenomics.00157.2007>
49. Hespel P, Op't Eijnde B, Van Leemputte M, Ursø B, Greenhaff PL, Labarque V, *et al.* Oral creatine supplementation facilitates the rehabilitation of disuse atrophy and alters the expression of muscle myogenic factors in humans. *J Physiol* [Internet]. 2001;536(2):625-33. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.0625c.xd>
50. Tyler TF, Nicholas SJ, Hershman EB, Glace BW, Mullaney MJ, McHugh MP. The effect of creatine supplementation on strength recovery after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction: A randomized, placebo-controlled, double-blind trial. *Am J Sports Med* [Internet]. 2004;32(2):383-8. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1177/0363546503261731>

51. Hultman E, Soderlund K, Timmons JA, Cederblad G, Greenhaff PL. Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol* [Internet]. 1996;81(1):232-7. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1152/jappl.1996.81.1.232>
52. Kreider RB, Kalman DS, Antonio J, Ziegenfuss TN, Wildman R, Collins R, *et al.* International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2017;14(1). Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>
53. Connolly DAJ, McHugh MP, Padilla-Zakour OI, Carlson L, Sayers SP. Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *Br J Sports Med* [Internet]. 2006;40(8):679-83; discussion 683. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2005.025429>
54. Bowtell JL, Sumners DP, Dyer A, Fox P, Mileva KN. Montmorency cherry juice reduces muscle damage caused by intensive strength exercise. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2011;43(8):1544-51. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e31820e5adc>
55. Bell PG, Walshe IH, Davison GW, Stevenson EJ, Howatson G. Recovery facilitation with Montmorency cherries following high-intensity, metabolically challenging exercise. *Appl Physiol Nutr Metab* [Internet]. 2015;40(4):414-23. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1139/apnm-2014-0244>
56. Levers K, Dalton R, Galvan E, O'Connor A, Goodenough C, Simbo S, *et al.* Effects of powdered Montmorency tart cherry supplementation on acute endurance exercise performance in aerobically trained individuals. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2016;13(1). Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-016-0133-z>
57. Castello G, Department of Health, Exercise & Rehabilitation Sciences, Maxwell Hall 368, Winona State University, Winona. The effect of cherry supplementation on exercise-induced oxidative stress. *Int j food nutr sci* [Internet]. 2014;1(1):1-7. Eskuragarri: <http://dx.doi.org/10.15436/2377-0619.14.007>
58. Tart cherry [Internet]. Kaiserpermanente.org. [2015/05/24; 2022/05/19]. Eskuragarri: <https://wa.kaiserpermanente.org/kbase/topic.jhtml?docId=hn-10009962>