

Ariketa fisikoa hezur-dentsitate mineralaren suspertzaile

(Physical activity as a bone mineral density energizer)

*Gotzone Hervás¹, Fátima Ruiz-Litago¹, Amaia Caballero², Jon Irazusta¹,
Idoia Zarrazquin^{3*}*

¹ Fisiologia saila, Medikuntza eta Erizaintza Fakultatea (UPV/EHU)

² Bioteknologiako graduko ikaslea, Zientzia eta Teknologia Fakultatea (UPV/EHU)

³ Erizaintza I saila, Medikuntza eta Erizaintza Fakultatea (UPV/EHU)

* idoia.zarrazquin@ehu.eus

DOI: 10.1387/ekaia.17840

Jasoa: 2017-05-13

Onartua: 2017-11-16

Laburpena: Osteoporosia osasun-publikoan garrantzi nabarmena duen gaixotasuna da. Gero eta gehiago dira gaixotasun hau pairatzen duten pertsonak, eta gaur egun arte egindako esku-hartzeak ez dira guztiz eraginkorrak. Ariketa fisikoa hezur-dentsitatea metatzeko eta mantentzeko prozesuetarako funtsezkoa den bizi-ohitura da. Gainera, hezuraren eta giharraren arteko lotura dela eta, egindako ariketa fisikoak, hezuraren gain, giharren ere badu eragina. Kontuan hartu beharrekoa da gaztaroan hezur-dentsitate minerallean lortutako maila maximoa erabakigarria dela bizitza osoan zehar izango den hezur-osasunean. Lan honetan, ariketa fisikoaren bitartez hezur mineralaren metaketa nola sustatu eta mantendu azaltzen da; giharraren eta hezuraren arteko seinalezta-pen gurutzatuak eta adinak, osteoporosiaren oinarritzko prebentzioan, zer eragin duten kontuan hartuz.

Hitz gakoak: hezur-dentsitate minerala, ariketa fisikoa, seinalezta-pen gurutzatua, adina.

Abstract: Osteoporosis is a serious public health disease. An increasing number of people are affected by it and to date, intervention programs are not being effective. Physical activity is a determinant life habit in the accumulation and maintenance of bone mineral. In addition, due to the link between bone and muscle, physical activity plays an important role in the bone and also has effects in the muscle. The Peak Bone Mass achieved at the end of the growth period, plays an essential role in the bone health throughout life. In this article is explained the importance of the physical activity in the

promotion and maintenance of the bone mineral accumulation. Taking account the cross-sectional signalling between bone and skeletal muscle and the importance of the age in the bone adaptive response, in the primary prevention of osteoporosis.

Keywords: bone mineral density, physical activity, cross-sectional signalling, age.

1. SARRERA

Munduko Osasun Erakundeak osteoporosia hezur-masa baxua eta hezur-ehunen mikro-arkitekturaren narriadura areagotzen dituen gaixotasun sistemiko gisa definitzen du [1]. Haren ondorioz, hezuraren hauskortasuna handitzen da, eta gaixotasun hau pairatzen duten pertsonak hausturak izateko arrisku handiagoa dute. Haustura horiek adinarekin batera era esponentzialean areagotzen dira, eta helduetan eta zaharretan erikortasun eta hilkortasun handia eragiten dute [2].

Osteoporosia azken urteetan osasun publikoan garrantzi nabarmena duen gaixotasuna da; menopausiaren ondorioengatik emakumeek pairatzen dute batez ere. Munduan urtero 1,5 milioi orno-, aldaka- eta eskumutur-haustura gertatzen dira hezur-hauskortasunaren eraginez. Hauek zahartzaroan gertatzen dira batez ere. 50 urte baino zaharragoak diren emakumeen % 50ek eta gizonen % 30ek izango du hausturaren bat bizitzan zehar [3].

Gaur egun arte pertsona helduetan egindako esku-hartzeak ez dira eraginkorrak izan. Behin osteopenia edo osteoporosia agertuta, ezer gutxi egin daiteke hezur-osasuna hobetzeko. Hezuraren nolakotasuna eta bizitzan zehar jasaten dituen aldaketetara moldatzeko gaitasuna ezaugarri materialen (masa, dentsitatea, mineral konposizioa eta indarra) eta dimentsionalen (tamaina, itxura eta estructures) arabekoak dira. Nahiz eta hezuraren garapena genetikoki mugatuta egon, bizi-ohiturek hezur-dentsitate mineral maximoaren % 20-40an eragiten dute. Hortaz, aipaturiko hezuraren berezko ezaugarriak banakako eragile diren zenbait faktore sustatuz hobetu daitezke.

Bizi-ohitura osasuntsuak izatea garrantzitsua da hezur-dentsitate mineralaren maila altua lortu ahal izateko. Bizitzan zehar ohitura osasungarriak izateari eusteak lortzen den hezur-dentsitate maila maximoa mantenduko, hezur-masaren galera geldotuko eta osteoporosia garatzeko arriskua % 50 murriztuko du helduaroan [4]. Izan ere, hezurak ehun biziak dira, eta bizi-ohituren arabekoak dira nerabezaro bukaeran lortzen den dentsitate mineralaren maila maximoa eta aro horretatik aurrerako desosifikazio-prozesuaren abiadura.

Bizitza osoan zehar osasuna suspertzeko eta mantentzeko bizi-ohituren artean jarduera fisikoa da nabarmen. Dena den, badaude beste hainbat

faktore aintzat hartu behar direnak, hala nola elikadura-ohiturak eta gorputz-osaera. Hau honela, osteoporosiaren prebentzioan, kaltzioa eta D bitamina ahorakin egokia eta tabako-, alkohol- eta kafeina-kontsumoa saihestea aholkatzen da.

Hezurraren garapenean ariketa fisikoak dituen onurak ondo ezagunak dira, eta hauek prebentzio-ekintzen oinarrizko osagai dira. Nerabezaro amaieran lortzen den hezur-dentsitate mineralaren maila maximoa erabakigarria denez bizitza osoan zehar izango den hezur-osasunean, gaztetan hartutako neurriek eragin zuzena izango dute hezur-dentsitate mineralaren maila maximoan. Beraz, funtsezkoa da bizitzako lehenengo urteetan, haurtzaroan eta nerabezaroan, ikerketak egitea biztanleriaren ongizatea eta etorkizuneko hezur-mineralizazio egokia bermatzeko.

2. HEZURRAREN GARAPENA

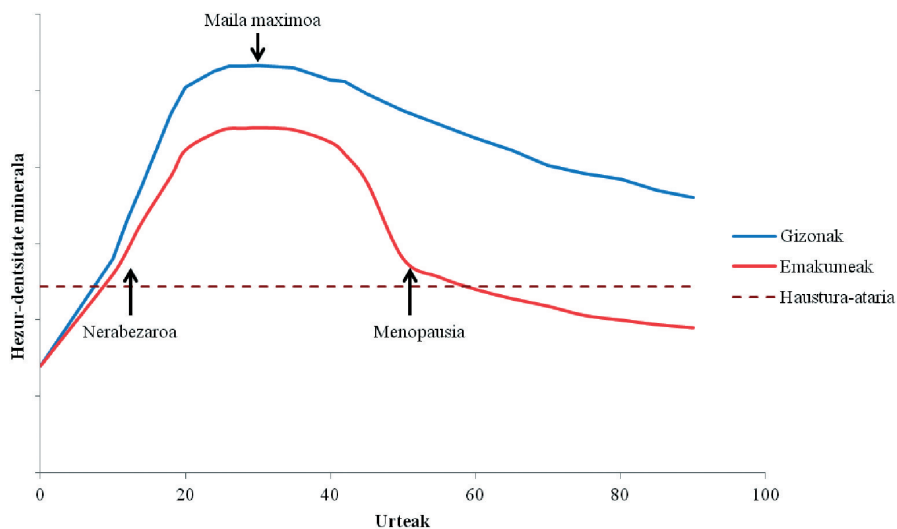
Metabolismoari, elikadurari eta hormonen estimuluei erantzunez, hezurra etengabe berriztatzen den materia bizia eta dinamikoa da. Urtero % 5-10eko proportzioan birmoldatzen da. Hezurra, birmoldaketan, ordezkatu egiten da, itxura berdina izaten jarraituz, eskeletoa bere osotasunean mantenduz eta kaltzio-homeostasia kontrolatuz. Osteoklastoek hezur zaharkitua birxurgatzen dute, odolera kaltzioa jariatuz, eta osteoblastoek, hezurra suntsitua izan den lekuan hezur berria eratzen dute, kaltzioa hezurretara erautziz. Prozesu horretan, osteoklasto eta osteoblastoen arteko oreka funtsezkoa da hezur-eraketa modu egokian gerta dadin.

Oreka hori mantentzeko, osteoklastoen aktibazioan osteoblastoek jariatutako MSCF (*macrophage colony-stimulating factors*) eta TNF11 (*tumor necrosis factor*) proteinek modulatzailer modura jokatzen dute. Aktibaturiko osteoklastoek hezurraren matrizea suntsitzen dute, eta hezur-degradazioa gehiegizkoa izan ez dadin, MSCF eta TNF11 proteinekin batera, OPG (*osteoprotegerin*) izeneko proteina ere jariatzen dute. Proteina horren funtzioa TNF11-ak duen eragina inhibitzea da. Aldi berean, osteoprotegerinaren aktibazioa Wnt (*Wingless et int*) proteinaren menpe dago. Osteoblastoek Wnt aktibatuta dutenean, osteoprotegerina proteinaren maila igotzen da, eta horrek TNF11 inhibititu eta osteoklastoen eragina murrizten du [5].

Hezurren garapenean eta birmoldaketan ezinbesteko osagaia da kaltzioa. Gorputzean dagoen kaltzioaren % 90 hezurrean metaturik azaltzen da. Haurtzaroan, kaltzio-indizearen % 100 berriztatzen da hezurraren birmoldaketa bitarteko dela, eta helduaroan, aldiz, % 14-18. Hori dela eta, kaltzio-homeostasiak —odolean dagoen kaltzio-kontzentrazioa mantentzeko mekanismoak— berebiziko garrantzia du. Mekanismo hori, besteak beste, PTH (parathyroid hormone) eta kaltzitonina hormonek erregulatzen dute.

PTH hormonak hezuraren birxurgapena areagotzen du osteoklastoen zeharkako aktibazioari esker. Osteozitoen eta osteoblastoen OPG-RANKL-RANK sistemaren modulatuzaile gisa jokatzen du: alde batetik, RANKL errezeptorearen lotugaiaren bidez, osteoklastoen diferentziazioa sustatzen du, eta, bestetik, horien eragina erregulatzeko, RANKL eta bere hartzailearen (RANK) lotura apurtzen duen OPG-ren hartzailea sintetizatzen du. PTH hormonaren aktibazioa zelulaz kanpoko kaltzio-kontzentrazioaren arabera da [6]. Kontzentrazioa baxua denenean, PTH-ren sintesia aktibatu egiten da, eta, aldiz, kontzentrazioa altua denean, gelditu egiten da. Prozesu hori paratiroide mintzeko zeluletan dagoen CaSR-ren (*calcium-sensing receptor*) bidez kontrolatzen da. Kaltzitonina, berriz, paratiroideko C zelulek sintetizatzen dute, zelulaz kanpoko kaltzio-kontzentrazioa altua denean. Hormona horrek, CTR (*caltinonin receptor*) hartzaileari lotzen zaionean, osteoklastoetan aldaketa morfologikoak eragiten ditu hezuraren birxurgapena inhibituz [7].

Hezuraren birmoldatzearen prozesua umeki-garaian hasi arren, berriztatze-prozesuaren abiadurarik handiena neskek 12,5 urte eta mutilek 14 urte dituztenean izaten da. Adin honetatik aurrera, emakume eta gizonezkoen arteko ezberdintasunak nabarmendu egiten dira. Era eta maila desberdinetan gertatzen dira emakumezko eta gizonezkoetan berriztatze-prozesuaren abiadura, lorturiko dentsitate mineralaren maila maximoa eta desosifikazio-prozesuaren abiadura (1. irudia). Abiadura maximoa 2 urtez mantetzen da, eta nerabeek, denbora horretan, etorkizunean izango duten hezur-dentsitate mineralaren % 25 lortzen dute [8]. Hala ere, garai horretan, hezurak luze-



1. irudia. Hezur-dentsitate mineralaren garapena.

ran eta tamainan hasten dira batik bat; ez, aldiz, dentsitatean [9]. Hori dela eta, hezur-hausturaren indizeak gora egiten du hezuraren garapena hain azkarra den garai horretan. Izan ere, hezur-mineralizazioa moteldu egiten da, hezurak luzera eta tamaina maximoa lortzearen mesedetan [10].

Eskeletoaren garapenak pertsonen bigarren hamarkadaren bukaera arte irauten du; epifisiak itxi eta hezuraren garapen luzekakoa amaitu arte, hain zuzen. Badira ikerketak nerabezaro amaieran helduaroko eskeletoaren % 95 baino gehiago garatua dagoela iradokitzen dutenak [11]. Hala ere, gizonetzkoen gorputz-adarretako hezurak bizitzaren hirugarren hamarkadan finkatzen dira [12].

Eskeletoko hezurrek zentimetro karratuko duten mineral-edukierari deritza hezur-dentsitate mineral, eta hezur-haustura eta osteoporosiaren adierazle modura erabiltzen da. Hezur-dentsitate maila maximoa, oro har, hezur-indarraren maila maximoarekin erlazionatzen da [13] (hezuraren masa, dentsitatea, mikroarkitektura, erreparazio-mekanismoak eta geometria-propietateak dira hezur-indarraren adierazle). Hezur-dentsitate mineralaren maila maximoa gaztaroan lortzen da, nerabezaro amaieran, eta guztiz erabakigarria da bizitzan zehar edukiko den hezur-osasunean. Lortutako maila maximoa, izan ere, desosifikazio-prozesuaren abiapuntua izango baita (1. irudia).

Gaztaroan eta helduaro goiztiarrean, hezur-eraketa eta birxurgapena orekan mantentzen dira. Erdi helduaroan, berriz, azkartzearen ondorioz, hezuraren eduki minerala murrizten hasten da. Prozesu horren abiadura emakumeetan gizonetan baino handiagoa da. Alegia, menopausia ondoren, emakumeek duten estrogenoen maila jaitsi egiten da. Estrogenoek hezur-ehunen eraketa eta birxurgapenearen, hezur-masaren mantentzearen eta osteoblasto eta osteoklastoen aktibitate funtzionalaren modulatzaileris gisa jokatzen dute [14]. Hala ere, urteak pasatu ahala, bai gizonetan, bai emakumeetan, desosifikazio-prozesuaren abiadura areagotzen doa eta zahartzarora heltzean hezur-dentsitatea murriztu egiten da oro har. Bai gizonek, bai emakumeek hezur kortikalaren eta trabekularraren masaren % 20-25 gal-tzen dute [15].

3. GIHARRA ETA HEZURRAREN ARTEKO LOTURA

Gaur egun daukagun informazioaren arabera, giharrak eta hezurak elkarri eragiten dioten ehunak dira. Hezurra eta giharra umetokitik pertsona adinduna izan artean loturik daudela berresten duten ikerketak badira [16]. Giharraren eta hezuraren arteko seinale mekaniko eta molekularrak ezinbestekoak dira eskeletoaren garapenaren erregulazioan. Enbriogenezian, esaterako, giharren potentziak hezurren periostioaren garapena gidatzen du, eta, era horretan, hezurren itxura eta zirkunferentzia. Prozesu honen eraginez, hezurrek jasan dezaketan karga-maila hobetzen da [17].

Hezurak duen eginkizun mekaniko garrantzitsuena giharrak finkatzeko gunea eta hauei palanka egiteko modua ematea da. Erlazio hau azaltzen duten zelulen eta ehunen arteko interakzio biokimikoak ez dira oso ondo ezagutzen, baina, hala ere, badira hezuraren eta giharraren arteko lotura frogatzen duten gertaera fisiologiko eta seinale molekularrak. Adibidez, nerabezaroen lortutako hezur-indarra gihar-indarra handitu ondoren agertzen da [18], eta estres-egoera bat jasan ondoren, giharrak eta hezurak jariatutako faktoreen artean suertaturiko seinaleztapen gurutzatuak hezur-garapena sustatzen du [19].

3.1. Seinaleztapen gurutzatua

Hezurak eta giharrak bi norabidetan eta maila desberdinetan (zelularra eta molekularra) lotzen dira elkarren artean seinaleztapen gurutzatuaren bidez [20]. Gainera, inguru-faktore desberdinek, hala nola nutrizioak eta ariketa fisikoak, aldi berean eragin dezakete, bai hezurrean, bai giharrean. Giharrak, estimulu biologikoen bidez, hazkuntza-faktore lokalak jariatzen ditu, eta hauek, karga mekanikoko ariketek sortutako estimuluekin batera, modu sinergikoan eragiten dute hezuraren garapena sustatuz [21].

Literaturan, muskulu eskeletikoak hezurrean eragina duten hainbat molekula ezberdin jariatzen dituela azaltzen da [22], hala nola IGF-1 (*insulin-like growth factor-1*), FGF-2 (*basic fibroblast growth factor*), IL-6 (*interleukin-6*), IL-15 (*interleukin-15*), miostatina, OGN (*osteoglycin*), FAM5C, Tmem119 eta osteoaktibina. Hezurak giharraren metabolismoan duen eragin potentzialaren inguruko ebidentziak urriagoak dira. Ikusi da, hala ere, hezur-eraketan parte hartzen duten osteozito eta osteoblastoek muskulu eskeletikoan eragina duten molekulak jariatzen dituztela. Horien artean, PGE2 (*prostaglandin E2*) eta OCN (*osteocalcin*) dira aipagarriak. Osteozitoek miogenesi-prozesua bizkortzen duen PGE2 faktorea jariatzen dute [23], eta osteoblastoek, giharraren masa eta birsorkuntza prozesuan eragina duen OCN faktorea [24].

Nahiz eta, *in vitro* egindako ikerketetan, osteozito zelulen kultiboetatik lortutako medioetan miozitoen ugaritze- eta desberdintze-prozesuan eragina duten zenbait faktore espezifiko azaldu [25], gaur egun arte, giharra da giharraren eta hezuraren arteko seinaleztapen gurutzatuaren giltzarritzat ezagutzen dena. Hala ere, bi ehun horien arteko loturan suertatzen diren interakzio parakrinoek garrantzi handiko eragina dute euren artean gertatzen den seinaleztapen gurutzatuan. Fenomeno honen eragina baldintza fisiologikoan eta gihar-edota hezur-lesio baten ondorengo birsorkuntza-prozesuan hautematen da.

Estresaren menpe dauden egoeren ondorioz, giharrak jariatutako faktoreek gorputzaren erantzun katabolikoaren modulatzailer gisa eragiten dute. Tentsio- eta estres-egoera baten ondoren, giharra hipertrofiatzen da.

Hori gertazen denean, hezur-periostio ondoko zuntzek gihar hipertrofiaren menpe dagoen IGF-1 hazkuntza-faktorea jariatzen dute. Faktore hori osteoblastoetan azaltzen den IGF-1R hartzailearekin lotzen da, eta hezurra- ren eraketa bultzatzen du. Aldi berean, kalte bat jasan ondoren edo ariketa fisiko kementsua egin eta gero, miozitoek FGF-2 faktorea jariatzen dute; halaber, osteoblastoetan diren hartzaileekin (FGF-2R) bat egiten dutenean, hezurra- ren anabolismoa sustatu, eta hura sendatzeko prozesua aktibatzen dute [26].

4. ARIKETA FISIKOAREN ERAGINA HEZUR-DENTSITATEAN

Hezurra ehun dinamikoa da eta jasan behar dituen karga desberdinei aurre egin ahal izateko behar dituen moldaketak egiteko gaitasuna du. Guztiz ezaguna da ariketa fisikoak bizitza osoan zehar hezur-indarraren hobekuntzan eta hezur-mineralaren metaketan eta haren mantentzean duen eragina. Izan ere, osifikazio-prozesuaren garrantzizko mugatzailea da. Mugimendu faltaren ondorioz, hezurak atrofiatu egiten dira, eta asko erabiltzearen ondorioz, ostera, hipertrofiatu [27]. Onurarik nabarmenenak tal- kadun ariketa fisikoa eta pisua jasan beharreko ariketa mota desberdinak intentsitate altuan praktikatzean azaltzen dira, hezur-trabekularen orienta- zioa eta dentsitatea aldatzen baitituzte [28].

Ariketa fisikoan jardutean, giharra garatzeaz gain, gantz-ehuna murriz- ten da. Ezagunak dira gantz-maila altua izateak osasunean eragiten dituen kalteak. Baina horrek ez du gantz-ehuna beharrezkoa ez denik adieraz- ten. Kontuan hartu beharrezkoa da jarduera fisiko bizia egiteak gorputzeko gantz-ehunaren galera dakarrela eta horrek, emakumeetan batez ere, irregulartasunak eragin ditzakeela. Izan ere, emakumeek, normalean, ez di- tuzte ariketa fisiko intentsua modu egoki eta osasuntsuan egiteko nahitaez- koak diren beharrian energetiko eta nutrizionalak bermatzen. Horretan eta gorputz-gantzaren gehiegizko galeran oinarritzen da emakume kirolaria- ren triadan deskribatzen den hezur-dentsitate galera [29]. Emakume horiek kolesteroletik eratorria den estrogeno hormonaren maila oso baxua dute gantz-ehunaren galeraren ondorioz. Estrogenoek kaltzioaren xurgapenean eta hezur-eraketan eta -birmoldaketan eragiten dute. Hori dela eta, hor- mona hori maila baxuan izateak hezur-dentsitatea murriztu, eta hezur-haus- kortasuna handitzen du [30].

Erorketaren eta osteoporosi hausturen artean dagoen erlazio sendoa ja- kinda, hezur-hausturak ekiditeko edozein entrenamendu-programak oreka, egonkortasuna eta gihar-funtzionaltasuna landu beharko ditu. Nahiz eta he- zurra- ren egokitze positiboa sustatzeko bizitza osoan zehar egin beharreko ariketa fisikoaren «dosia» orain arte zehaztua izan ez den arren, ariketa fi- sikoak hezurra- ren duen eragina jarduera fisiko motaren, kantitatearen eta in- tentsitatearen menpe egongo da [31].

4.1. Talkadun erresistentzia-ariketak

Ariketa fisikoa modu erregularrean egiteak hainbat osasun onura dakartzen arren, ariketa mota guztiek ez dute era berean eragiten hezur-osasunean. Adibidez, luzaroko jarduera aerobiko deritzen ariketek, hala nola igeriketak, bizikletan aritzeak eta ibiltzeak, zenbait seinalek agerian utzi dutenez, nonahiko onurak eragiten dituzte gorputz-sisteman; ez dute, ordea, eragin aipagarriarik sustatzen hezurretan [32-34]. Hau da, modu erregularrean ibiltzea, adibidez, gaitasun aerobikoan, gantz-metaketan eta zenbait bihotz-faktoreen hobekuntzan mesedegarria den arren, ez da nahikoa hezurren osasuna optimizatzeko. Beraz, ibiltzeak bakarrik ez ditu erortzearekin eta hausturekin erlazionaturiko arrisku-faktoreak (gihar-masa, indarra eta oreka) behar beste lantzen.

Arin ezarri, dinamikoak diren kargak erabiliz eta hezurrean presio altuak eragiten dituzten ariketek hezur-erantzunaren egokitzapena hobetzen laguntzen dute. Hainbat ikerketaren arabera, karga maila ezberdinetan inpaktu altu edo ezohikoak jasaten dituzten ariketetan jarduteak hezurrean onurak eragiten ditu. Adibidez, futboleak [35], boleiboleak [36], saskibaloian [37], dantzak [38] edota tenisean [39] jarduten diren pertsonak sedentarioek edota karga edo inpaktu gabeko ariketak egiten dituztenek baino hezur-masa handiagoa dute.

Inpaktu-entrenamenduek (zeinetan nolabait karga edo pisu jakin batekin inpaktua jasaten den) eta erresistentzia progresiboan oinarritutakoek hezurrean efektu positiboak eragiten dituzte ume, gazte eta helduetan. Hezur-osasunean onura nabarmenenak erresistentzia-entrenamenduetan jauziak eta saltoak pixkanaka modu progresiboan gehitzen joan heinean antzeman dira [40]. Modu honetan, hezurrean zeharka eragiten duten giharren indarra eta funtzionaltasuna lantzearekin batera, hezur-osasuna hobetu egiten da [41]. Kargarik jasaten ez dituzten hezurretan, giharra indartzea oso garrantzitsua da. Izan ere, giharrak berak hezurrean sortzen dituen tentsioak hezur-dentsitate hobea izatearekin erlazionaturik daude.

Talkadun ariketek eragindako tentsio eta estres mekanikoek hezurren transdukzio-mekaniko deritzon prozesu fisiologikoa aktibatzen dute, hezur-raren birmoldaketarako beharrezkoak diren seinaleztapen biokimikoaren eta erantzun mekanikoaren eraginez. Estres mekaniko jakin bat jasan ondoren, osteozito eta osteoblastoak aktibatzen dira eta, modu honetan, hezur-birxurgapena eta -galera murrizten dira. Talkadun ariketa luzaroan egitean, trandukzio mekanikoa desentsibilizatzen da. Horrela, talkadun ariketak hezurrean duen eragina eteten da.

Beraz, transdukzio mekanikoaren desentsibilizazioa gerta ez dadin, inpaktu-ariketetan karga modu progresiboan gehitzeaz gain, maiztasuna eta saioren arteko atsedendialdiak kontuan izan behar dira. Aipatzekoa da, hala-

ber, intentsitate altuan jarduten diren emakume gazteetan erresistentzia eta karga entrenamenduak sustatu behar direla hezur-dentsitate baxua izateko duten joerari aurre egiteko, betiere entrenamenduak kirol bakoitzaren helburu zehatzak lantzearekin batera hezur-hauskortasuna murriztera bideratuz [42].

4.2. Adina hezuraren erantzun-moldaketan

Nerabezaroa igaro arte egindako ariketa fisikoak hezuraren geometrian, mikro-arkitekturan eta indarrean eragindako onurak helduaroan eta zahartzaroan izaten den desmineralizazio-prozesuaren kalteak orekatzen ditu. Izan ere, nerabezaroan lortutako hezur-dentsitate mineralaren maila maximoa % 10 hobetuz, bizitzan zehar hausturak izateko arriskua % 50 murriz daiteke eta, horrekin batera, osteoporosiaren garapena 13 urtez atzeratu [43].

Luzaro aztertu dira haurtzaroan ariketa fisikoa egitearen ondorioak zeintzuk diren. Hiru urtez ariketa fisikoa egiten aritu ondoren, eta sedentarioak izan diren beste haur eta nerabeekin alderatuz, mutilek hezur-masa % 5 handitzen dute eta neskek % 14 [44]. Haurtzaroan egindako ariketa fisikoazko esku-hartzeetan, emaitzarik onenak nerabezaroa hasi baino lehen ekindako esku-hartzeetan ikusi dira: urtero hezur-dentsitatea % 0,6-1,7 hobetzen da [45]. Beraz, oso garrantzitsua da emandako gomendioetan adinak hezuraren moldaketan duen eragina kontuan izatea, hezuraren erantzuna ez baita beti berdina.

Ezaguna da karga mekanikoetarako egokitzapena gaztetatik lantzeak bizitza osoan zehar izango den hezur-indarrean efektu onuragarriak dakartzala eta hezurak ariketa fisikoaren eraginei gaztaroan erantzuten diela hobeto helduaroan edo zahartzaroan baino [46]. Horregatik, nahiz eta hezur-galera eta osteoporosia zahartzaroarekin erlazionaturik egon, horiei aurre hartzea bideratutako osasun-prebentziorako programak ez dira zahartzarora bakarrik mugatu behar. Hau guztia kontuan hartuta, ariketa fisikoa, hezur-galeraren prebentzioan oinarritzkoa izanik, txikitatik lantzen hasi beharko litzake eta bizitza osoan zehar mantendu.

5. ONDORIOAK

Hainbat dira hezur-dentsitatean eragina duten faktoreak. Horien artean, faktore genetikoak dira eskeletoaren zurruntasun eta indarrean eragin handiena dutenak. Hauek, adinarekin, generoarekin eta arrazarekin batera, hezuraren garapena modu aldaezinean mugatzen dute. Hala ere, badira aldakorrak diren beste hainbat faktore helduaroan hezur-masaren galera geldotzen laguntzen dutenak. Horietariko bat ariketa fisikoa da. Gaur egun,

osteoporosiaren eta sarkopeniaren aurka bideratutako tratamendu farmakologikoez ez dituzte hezur-hausturak eta gihar-distrofia era berean ekiditen. Baina badago gihar eta hezurretan denboraren poderioz izaten diren galarak saihesteko edota geldotzeko metodo bat, hainbat ikerketatan frogatua: ariketa fisikoa egitea.

Ariketa fisikoak eragindako estimulu biologikoez era sinergikoan eragiten dute giharrean eta hezurrean. Giharraren eta hezuraren arteko seinaleztapen gurutzatuari esker, jarduera fisikoak, gihar-masa, -indarra eta -funtzionaltasuna bermatzearekin batera, eragin positiboak sustatzen ditu hezurretan; batez ere hezur-mineralaren metatze eta mantentzean. Hori dela eta, oso garrantzitsua da gaztetatik inpaktu altuko ariketak karga maila ezberdinetan egitea. Horrela, oreka, egonkortasuna eta gihar-funtzionaltasuna lantzeaz gain, hezur-mineralaren metaketa eta hezur-indarra suspertzen dira hezur-dentsitate maila maximoa hobetuz.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] WEAVER, C.M., GORDON, C.M., JANZ, K.F., KALKWARF, H.J., LAPPE, J.M., LEWIS, R., O'KARMA, M., WALLACE, T.C. eta ZEMEL, B.S. 2016. «The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations». *Osteoporos Int*, **27** (4), 1281-1386.
- [2] MELTON, L.J., ATKINSON, E.J., ST SAUVER, J.L., ACHENBACH, S.J., THERNEAU, T.M., ROCCA, W.A. eta AMIN, S. 2014. «Predictors of excess mortality after fracture: a population-based cohort study». *J Bone Miner Res*, **29**(7), 1681-90.
- [3] SAMBROOK, P. eta COOPER, C. 2006. «Osteoporosis». *Lancet*, 2010-8.
- [4] BONJOUR, J.P., CHEVALLEY, T., RIZZOLI, R. eta FERRARI, S. 2007. «Gene-environment interactions in the skeletal response to nutrition and exercise during growth». *Med Sport Sci.*, **51**, 64-80.
- [5] ALBERTS, B., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., eta WALTER, P. 2010. *Biología molecular de la célula*. Ediciones Omega S.A., Bartzelona.
- [6] SILVA, B. C. eta BILEZIKIAN, J. P. 2015. «Parathyroid hormone: anabolic and catabolic actions on the skeleton». *Curr Opin Pharmacol*, **22**, 41-50.
- [7] NAOT, D. eta CORNISH, J. 2008. «The role of peptides and receptors of the calcitonin family in the regulation of bone metabolism». *Bone*, **43**(5), 813-8.
- [8] WHITING, S.J., VATANPARAST, H., BAXTER-JONES, A., FAULKNER, R.A., MIRWALD, R. eta BAILEY, D.A. 2004. «Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt». *J Nutr*, **134** (3), 696S-700S.
- [9] RAUCH, F. 2005. « Bone Growth in Length and Width: The Yin and Yang of Bone Stability». *J Musculoskelet Neuronal Interact*, **5**(3), 194-201.

- [10] KHOSLA, S. 2003. «Surrogates for Fracture Endpoints in Clinical Trials». *J Bone Miner Res.*, **18(6)**, 1146-9.
- [11] HAREL, Z., GOLD, M., CROMER, B., BRUNER, A., STAGER, M., BACHRACH, L., WOLTER, K., REID, C., HERTWECK, P., NELSON, A., NELSON, D., COUPEY, S., JOHNSON, C., BURKMAN, R. eta BONE, H. 2007. «Bone mineral density in postmenarchal adolescent girls in the United States: associated biopsychosocial variables and bone turnover markers». *J Adolesc Health*, **40**, 44-53.
- [12] RIZZOLI, R., BIANCHI, M.L., GARABÉDIAN, M., MCKAY, H.A. eta MORENO, L.A. 2010. «Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly». *Bone*, **46**, 294-305.
- [13] GABEL, L., MACDONALD, H.M., NETTLEFOLD, L. eta MCKAY, H.A. 2017. «Physical activity, sedentary time, and bone strength from childhood to early adulthood: a mixed longitudinal HR-pQCT study». *J Bone Miner Res.*, **32**, 1-12.
- [14] RIGGS, B.L., KHOSLA, S. eta MELTON L.J. 2002. «Sex steroids and the construction and conservation of the adult skeleton». *Endocr Rev.* **23(3)**, 279-302.
- [15] UNITED STATES PUBLIC HEALTH SERVICE, SURGEON GENERAL OF THE UNITED STATES. 2004. *Bone Health and Osteoporosis: A Report of the Surgeon General*. Paperback, Estatu Batuak.
- [16] FERRUCCI, L., BARONI, M., RANCHELLI, A., LAURETANI, F., MAGGIO, M., MECOCCHI, P. eta RUGGIERO, C. 2014. «Interaction between bone and muscle in older persons with mobility limitations». *Curr Pharm Des.*, **20(19)**, 3178-97.
- [17] SHARIR, A., STERN, T., ROT, C., SHAHAR, R. eta ZELZER, E. 2011. «Muscle force regulates bone shaping for optimal load-bearing capacity during embryogenesis». *Development*, **138**, 3247-3259.
- [18] RAUCH, F., BAILEY, D.A., BAXTER-JONES, A., MIRWALD, R. eta FAULKNER, R. 2004. «The 'muscle-bone unit' during the pubertal growth spurt». *Bone*, **34**, 771-775.
- [19] CIANFEROTTI, L. eta BRANDI, M.L. 2014. «Muscle-bone interactions: basic and clinical aspects». *Endocrine*, **45(2)**, 165-77.
- [20] RILEY, L.A. eta ESSER, K.A. 2017. «The Role of the Molecular Clock in Skeletal Muscle and What It Is Teaching Us About Muscle-Bone Crosstalk». *Curr Osteoporos Rep.*, 1-9.
- [21] HAMRICK, M.W., MCNEIL, P.L., PATTERSON, S.L. 2010. «Role of muscle-derived growth factors in bone formation». *J Musculoskelet. Neural Interact.*, **10**, 64-70.
- [22] TAGLIAFERRI, C., WITTRANT, Y., DAVICCO, M.J., WALRAND, S. eta COXAM, V. 2015. «Muscle and bone, two interconnected tissues». *Ageing Res Rev.*, **21**, 55-70.
- [23] MO, C., ROMERO-SUAREZ, S., BONEWALD, L., JOHNSON, M. eta BROTTTO, M. 2012. «Prostaglandin e2: from clinical applications to its po-

- tential role in bone- muscle crosstalk and myogenic differentiation». *Recent Pat Biotechnol*, **6**, 223-229.
- [24] WEI, J. eta KARSENTY, G. 2015. «An overview of the metabolic functions of osteocalcin». *Curr Osteoporos Rep*, **13(3)**, 180-5.
- [25] ABREU, E.L., STERN, M. eta BROTTTO, M. 2012. «Bone-muscle interactions: ASBMR Topical Meeting». *IBMS BoneKEy*, **9**, Article number: 239.
- [26] HAMRICK, M.W., MCNEIL, P.L. eta PATTERSON, S.L. 2010. «Role of musclederived growth factors in bone formation». *J Musculoskelet. Neuro-nal Interact.* **10**, 64-70.
- [27] BAXTER-JONES, A.D., KONTULAINEN, S.A., FAULKNER, R.A. eta BAILEY, D.A. 2008. «A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood». *Bone*, **43**, 1101-1107.
- [28] MITCHELL, J.A., CHESI, A., ELICI, O., MCCORMACK, S.E., ROY, S.M., KALKWARF, H.J., LAPPE, J.M., GILSANZ, V., OBERFIELD, S.E., SHEPHERD, J.A., KELLY, A., GRANT, S.F. eta ZEMEL, B.S. 2016. «Physical activity benefits the skeleton of children genetically predisposed to lower bone density in adulthood». *J Bone Miner Res*, **31(8)**, 1504-12.
- [29] MALLINSON, R. L. eta DE SOUZA M.J. 2014. «Current perspectives on the etiology and manifestation of the «silent» component of the Female Athlete Triad». *Int J Womens Health.* **6**, 451-67.
- [30] LAFRAMBOISE, M.A., BORODY, C. eta STERN, P. 2013. «The female athlete triad: a case series and narrative overview». *J Can Chiropr Assoc*, **57 (4)**, 316-326.
- [31] BECK, B.R., DALY, R.M., FIATARONE-SINGH, M.A. eta TAAFFE, R.D. 2016. «Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis». *J Sci Med Sport*, **20(5)**, 438-445.
- [32] MARTYN-ST JAMES, M. eta CARROLL, S. 2008. «Meta-analysis of walking for preservation of bonemineral density in postmenopausal women». *Bone*, **43(3)**, 521-531.
- [33] GOME-BRUTON, A., MONTERO-MARÍN, J., GONZÁLEZ-AGÜERO, A., GARCÍA-CAMPAYO, J., MORENO, L.A., CASAJÚS, J.A. eta VICENTE-RODRÍGUEZ, G. 2016. «The effect of swimming during childhood and adolescence on bone mineral density: a systemic review and meta-analysis». *Sports Med*, **46(3)**, 365-79.
- [34] RECTOR, R.S., ROGERS, R., RUEBEL, M. eta HINTON, P.S. 2008. «Participation in road cycling vs run-ning is associated with lower bone mineral density in men». *Metabolism*, **57(2)**, 226-232.
- [35] EL HAGE, R., ZAKHEM, E., ZUNQUIN, G. eta THEUNYNCK ,D. 2014. «Geometric indices of hip bone strength in male professional soccer players». *J Med Liban*, **62(4)**, 207-12.
- [36] ZOUCHE, M., CHAARI, H., ZRIBI, A., BOUAJINA, E., VICO, L., ALEXANDRE, C., ZAOUALI, M., BEN NASR, H., MASMOUDI, L., eta

- TABKA Z. 2016. «Volleyball and basketball enhanced bone mass in prepubescent boys». *J Clin Densitom*, **19(3)**, 396-403.
- [37] BAGUR-CALAFAT, C., FARRERONS-MINGUELLA, J., GIRABENT-FARRES, M. eta SERRA-GRIMA J.R. 2015. «The impact of high level basketball competition, calcium intake, menses, and hormone levels in adolescent bone density: a three-year follow-up». *J Sports Med Phys Fitness*, **55(1-2)**, 58-67.
- [38] MATTHEWS, B.L., BENNELL, K.L., MCKAY, H.A., KHAN, K.M., BAXTER-JONES, A.D., MIRWALD, R.L. eta WARK, J.D. 2006. «Dancing for bone health: a 3-year longitudinal study of bone mineral accrual across puberty in female non-elite dancers and controls». *Osteoporos Int*, **17(7)**, 1043-1054.
- [39] SANCHIS-MOYSI, J., DORADO, C., OLMEDILLAS, H., SERRANO-SANCHEZ, J.A. eta CALBET, J.A. 2010. «Bone and lean mass inter-arm asymmetries in young male tennis players depend on training frequency». *Eur J Appl Physiol*, **110(1)**, 83-90.
- [40] ZHAO, R., ZHAO, M. eta XU, Z. 2015. «The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis». *Osteoporos Int*, **26(5)**, 1605-1618.
- [41] STEIB, S., SCHOENE, D. eta PFEIFER, K. 2010. «Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis». *Med Sci Sports Exerc*, **42(5)**, 902-914.
- [42] THEIN-NISSENBAUM, J. eta HAMMER, E. 2017. «Treatment strategies for the female athlete triad in the adolescent athlete: current perspectives». *Open Access J Sports Med*, **8**, 85-95.
- [43] HERNANDEZ, C.J., BEAUPRE, G.S. eta CARTER, DR. 2003. «A theoretical analysis of the relative influences of peak BMD, age-related bone loss and menopause on the development of osteoporosis». *Osteoporos Int*, **14(10)**, 843-847.
- [44] GUNTER, K.B., ALMSTEDT, H.C. eta JANZ, K.F. 2012. «Physical Activity in Childhood May Be the Key to Optimizing Lifespan Skeletal Health». *Exerc Sport Sci Rev*, **40 (1)**, 13-21.
- [45] SPECKER, B., THIEX, N.T. eta SUDHAGONI, R.G. 2015. «Does Exercise Influence Pediatric Bone? A Systematic Review». *Clin Orthop Relat Res*, **473**, 3658-3672.
- [46] PELÁEZ FERNÁNDEZ, M.A., LABRADOR, F.J. eta RAICH, R.M. 2007. «Prevalence of eating disorders among adolescent and young adult scholastic population in the region of Madrid (Spain)». *J Psychosom Res*, **62 (6)**, 681-90.