



---

ZIENTZIA ETA TEKNOLOGIA FAKULTATEA. LEIOA

---

# GRADU AMAIERAKO LANA

## BIOTEKNOLOGIA

---

Gazteen hezur dentsitatearekin  
lotutako faktoreak: gorputz osaera,  
jarduera fisikoa eta muskuluen indarra

**Ikaslea: Caballero Aduriz, Amaia**  
**Data: 2017ko ekainak 27**

**Zuzendaria**  
*Dr./a. Juan Ignacio Pérez Iglesias*  
*Dr./a. Jon Irazusta Astiazaran*

**Ikasturte akademikoa**  
*2016/17*

## **AURKIBIDEA**

<b>1.SARRERA .....</b>	<b>1</b>
1.1. HEZURRAREN GARAPENA.....	1
1.2. HEZUR MASA MAXIMOA.....	2
1.3. HEZUR MASA MAXIMOAN ERAGITEN DUTEN FAKTOREAK.....	2
1.3.1. <i>Faktore hormonalak</i> .....	3
1.3.2. <i>Nutrizioa</i> .....	3
1.3.3. <i>Jarduera fisikoa</i> .....	4
<b>2.HELBURUA .....</b>	<b>5</b>
<b>3.MATERIALAK ETA METODOAK .....</b>	<b>6</b>
3.1. LAGINA.....	6
3.2. ANALISI ANTROPOMETRIKOA .....	6
3.3. ULTRASOINUEN BIDEZKO DENTSITOMETRIA .....	7
3.4. AZELEROMETRIA.....	8
3.5. ISOZINETIKOA .....	9
3.6. ANALISI ESTATISTIKOA .....	10
<b>4. EMAITZAK .....</b>	<b>11</b>
4.1. ANALISI DESKRIPTIBOA.....	11
4.2. JARDUERA FISIKOA ETA HEZURRAREN ZURRUNTASUN- INDIZEAREN ARTEKO KORRELAZIOAK .....	12
4.3. EGOERA FISIKOA ETA HEZURRAREN ZURRUNTASUN-INDIZEAREN ARTEKO KORRELAZIOAK.....	14
4.4. HEZURRAREN ZURRUNTASUN-INDIZEAN ERAGINA DUTEN ZENBAIT DATUEN ERREGRESIO LINEALEN EREDUAK.....	15
<b>5. EZTABAIDA.....</b>	<b>17</b>
<b>6. IKERKETAREN INDAR-GUNEAK ETA MUGAK.....</b>	<b>21</b>
<b>7. ONDORIOAK .....</b>	<b>21</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>22</b>





## **1.SARRERA**

Gaur egun osteoporosia osasun publikoan garrantzi handia duen gaixotasuna da. Alde batetik, prebalentzia handia eta gorakorra du: 200 milioi pertsona baino gehiagok pairatzen dute gaixotasun hau mundu mailan (Schurman et al., 2013). Bestalde, ondorio ekonomikoak aipagarriak dira, izan ere, osteoporosiaren ondoriozko hezur-hausturekin uztarturiko kostuak handiak dira; hain zuzen ere, prostata eta bularreko minbizien ondorioz sorturikoak baino handiagoak dira (Ubago-Guisado et al., 2015).

Munduko osasun erakundeak, osteoporosia hezur masa baxua eta hezur-ehunen mikroarkitekturaren narriadura areagotzen duen gaixotasun sistemiko bezala definitzen du. Honek hezuraren hauskortasuna handitzea dakar eta ondorioz, hausturak izateko arrisku handiagoa dute gaixotasun hau pairatzen duten pertsonak (Rizzoli et al., 2010).

Mundu mailako arazo hau gainditzeko prebentzioa da ezinbestean lehenengo pausua. Horretarako, bilatzen dena hazkuntza garaian hezur ehunaren garapena maximizatzea, helduaroan eskuratutakoa mantentzea eta zahartzaroan hezur galera murriztea da (Van Langendonck et al., 2003). Ikerketa honetan hezuraren garapena faboratzen duten zenbait alderditan jarri dugu arreta.

### **1.1. HEZURRAREN GARAPENA**

Hezurra ehun bizia da, etengabe berriztatzen dena hezur hausturak osatzeko, eskeletoa erabilera mekanikora moldatzeko eta kaltzio homeostasia mantentzeko, besteak beste. Horretarako hezur-zelulek euren funtzioa bete behar dute: osteoklastoek hezuraren birxurgapena eta osteoblastoek hezuraren eraketa burutzen dute, osteozitoek birmoldaketa prozesua kontrolatzen dutelarik. Horrez gain, prozesu horretan hainbat faktoreek eragiten dute: hormonak, estimulu mekanikoak eta dietak, beste batzuen artean (Florencio-Silva et al., 2016).

Berritze gaitasunari esker, hezurak handitu egiten dira hazkuntza eta garapen garaian, bai zabaleran, bai luzeeran; hezur kortikaleko periostearen hazkuntzaren bidez eta osifikazio endokondrialaren bidez, hurrenez hurren (Weaver et al., 2016). Hezuraren hazkuntza prozesua fetuaren garapenean hasi eta bizitzaren bigarren hamarkada arte irauten du, baina berriztatze abiadurarik handiena nerabezaroan lortzen da; neskek

12,5 urterekin eta mutilek 14 urterekin. Abiadura maximo hau 2 urtez mantentzen da eta epe honetan nerabeek helduaroan izango duten hezur-dentsitate mineralaren %25a eskuratzen dute (Whiting et al., 2004). 18-20 urterekin helduaroan izango den hezur masaren %95a lortzen da, eta gainerako %5a bizitzaren hirugarren hamarkadan. Izan ere, pubertarotik aurrera hezuraren sendotasunean eragina duten aldaketak gertatzen dira: egituran (forman eta tamainan), baita hezuraren konposizioan ere (kartilago eta hezur kortikal eta trabekular kantitatean) (Weaver et al., 2016).

Modu honetan hezur heldua lortzen da, hezur kortikal eta trabekularrez osatuta dagoena. Bi hezur mota hauek egituraren arabera desberdintzen dira: hezur kortikala trinkoa da eta hezuraren kanpoko geruza eratzen du, aldiz, hezur trabekularrak belaki itxura du eta metabolikoki oso aktiboa da, hezuraren egiturari zurruntasuna ematen diolarik (Weaver et al., 2016).

## **1.2. HEZUR MASA MAXIMOA**

Hezur masa maximoa (HMM) hezuraren heltze prozesuaren ondoren eskeletoan dagoen hezur kantitateari deritzo. Kontzeptu hau hezuraren sendotasunarekin uztartzen da eta hainbat ezaugarri barne-hartzen ditu: hezuraren dentsitatea, mikroarkitektura, berritze mekanismoak eta propietate geometrikoak (Weaver et al., 2016).

Lortutako maila maximo hau desosifikazio prozesuaren abiapuntua izango da. Izan ere, behin HMM lortu dela, mantendu egiten da 30-40 urte izan arte eta ondoren desosifikazio prozesua hasten da. (Weaver et al., 2016). Hori dela eta, HMM altua berebizikoa da osteoporosiaren prebentziorako eta osteoporosiaren ondoriozko hezur-hausturak pairatzeko arriskuak zehazteko (Zulfarina et al., 2016).

## **1.3. HEZUR MASA MAXIMOAN ERAGITEN DUTEN FAKTOREAK**

HMM optimizatzeko estrategiak zehaztu ahal izateko, hezuraren eskuratze prozesuan eragiten duten faktoreak hartu behar dira kontuan. Horien artean, faktore genetikoak, eskeletoak pairatutako karga mekanikoa (JF eta pisua), nutrizioa eta faktore hormonalak aurki ditzakegu (Bonjour et al., 2009).

HMMren aldakortasunaren gehiengoa (%60-80) genetikoki mugatua dagoen arren, gainerako %20-40an bizi ohiturek eragiten dute, elikadura eta jarduera fisikoak (JF) bereziki. Hortaz, bizi-ohitura osasuntsuak izatea garrantzitsua da HMM maila altua lortzeko. Honek osteoporosia garatzeko arriskua %50ean murriztu eta hezur-masaren galera geldotu dezake helduaroan (Bonjour et al., 2009; Rizzoli et al., 2010).

### **1.3.1.Faktore hormonalak**

Aldaketa hormonalek eragin handia dute hezurrean. Besteak beste, farmako batzuen edo dieta ezegokien eraginez gertaturiko desoreka hormonalek hezur masaren galera adierazgarria eragin dezakete (Whiting et al., 2004).

Sexu hormonek hezurraren garapenean eta mantentzean funtzio garrantzitsua betetzen dute. Estrogenoak dira hezurraren metabolismoaren erregulatzaile nagusiak, bai gizon, bai emakumeetan ere. Hormona hauek osteoblasto eta osteozito zelulen apoptosia galarazten dute gehiegizko hezur xurgapena eragotziz. Gainera, osteoklastoen eraketa eta aktibitatea inhibitzen dute zelula hauen apoptosia sustatuz. Beraz, hormona hauen maila jaistean, hezur masaren galera areagotzen da. (Cauley, 2015) Estrogeno maila baxua menopausian ohikoa den arren, gehiegizko JF egiten duten atleta gazteetan eta dieta eskasa eramatean gertatzen da ere, hilekoaren eza izaten dutelarik (Márquez & Molinero, 2013). Hori dela eta, bizi-ohitura osasuntsuen bitartez estrogeno maila jaistea ekidin beharko litzateke HMM optimizatzeko (Cauley, 2015).

### **1.3.2.Nutrizioa**

Kaltzio ahorakin egokia HMM altua lortzeko garrantzitsua da, hezurak JF fisikoarekiko duen erantzuna areagotzen baitu. Hezur-masaren eskuratze abiadura handiko epean (12-20 urte inguruan), HMM altua lortzeko garai kritikoa dena, 1300mg/egun-etik gorako kaltzio ahorakina gomendatzen da. Bestalde, D bitamina eta proteina kantitate nahikoa hartzea hezurraren osasunerako garrantzitsua da ere (Prestwood & Raisz, 2002; Ross et al., 2011).

### 1.3.3.Jarduera fisikoa

Hezurraren birmoldaketa karga mekanikoarekiko sentikorra da, ostezitoak mekanosentsoreak baitira. Hori dela eta, JF-k eragin handia du hezur masaren eskuratze prozesuan eta honen eragina handiagoa da pubertaro aurretik eta pubertaroan. Izan ere, hezur-masaren eskuratze azkarra gertatzen deneko epe hori hezur masa maximoa optimizatzeko erabakigarria da. Gainera, JF bidez, hezur masa areagotzeaz gain, egitura-aldaketak gerta daitezke, hezurra sendoago bilakatuz (Ubago-Guisado et al., 2015; Weaver et al., 2016).

Talkadun JF-ak dira hezur dentsitate minerala areagotzen dutenak: hain zuzen ere, jauzi eta lasterketak bezalako ariketa pilometrikoak barne-hartzen dituztenak. Horien adibide arruntak dira futbola eta eskubaloia. (Ubago-Guisado et al., 2015). Bestalde, talka baxuko kirolean, igeriketa eta bizikletan ibiltzea adibidez, hezurra ez da behar beste estimulatzen eta horregatik, kirol mota hauetan aritzen diren pertsonetan hezur dentsitatea baxuagoa izaten da (Karlsson et al., 2008).

Behin HMM lortzen dela, hezur helduek karga mekanikora moldatzen dira hezurrek sendotasun nahikoa izan dezaten apurketak ekiditeko. Moldatze hori esfortzu handien pean jarri diren hezurretan gertatuko da eta ez gorputz osoko hezurretan. Beraz, JF jakin batean lantzen den gorputz-atalaren arabera, hezur ezberdinetan masaren areagotze aldagarria eragingo dela kontuan izan behar da (Hinton et al., 2016).

Hezurraren gain eragindako esfortzu mekanikoek, grabitatearen eraginez edo inpaktuen eta kontrakzio muskularren bidez, osteoblastoen ekintza areagotzen du. Gainera, JF hormonon mailan aldaketak eragiten ditu, karga mekaniko handiagoa jasateko gaitasuna emanez. Adibidez, JFrekin odoleko IGF-1 (*insulin-like growth factor*) maila igotzen da, eta honek eragin parakrinoa du esfortzu mekanikoen peko hezurretan, JF-rekiko erantzuna hobetzen laguntzen du eta (Hinton et al., 2016).

IGF-1 muskulu eta hezurraren arteko komunikazioaren adierazleetako bat da. Izan ere, muskulu eta hezurraren artean erlazio estua dago: mekanikoa, genetiko eta endokrinoa. Bi ehunen arteko komunikazioa mekanismo endokrino eta parakrinoen bidez gertatzen da, muskulua eskeletikoak hezurraren metabolismoa modulatzeko duten miokinak jariatzen baititu (adibidez, miostatina, interleukinak eta IGF-1). Muskulu- eta hezur-ehunen akoplamendu biokimiko/molekularraren ulerpenera bideratutako



ikerketa hasi berria da, beraz, gutxi dakigu honi buruz gaur egun (Brotto & Johnson, 2014; Guo et al., 2016).

Hala ere, muskuluaren tamaina eta indarrak hezur dentsitatearen mantentzearekin erlazio positiboa duela argi ikusi da (Ahedi et al., 2014). Horrez gain, adipozitoek zenbait adipozitokinak (leptina, adiponektina eta TNF- $\alpha$ ), inpaktu negatiboa izan dezakete bai muskuluan eta bai hezurrean. Gantzak, hezur-apurketa arriskuan nola eragiten duen argi ez dagoen arren, hezuraren osasunean modu negatiboan eragiten duela argi dago (Kawao & Kaji, 2015).

## **2.HELBURUA**

Hezuraren osasuna hobetzeko, detekzio goiztiarra eta prebentzioa guztiz beharrezkoak dira eta hori posiblea izateko bizimoduko faktore aldagarriak detektatu behar dira, hezuraren dentsitate minerala areagotzen dutenak. Gaztaroan lortzen den HMM parametro garrantzitsua izan daiteke osteoporosiaren prebentzioa (Zulfarina et al., 2016). Zenbait faktore daude HMM alda dezaketenak. Horien artean, JF da hezuraren osasuna hobetzeko modu hoberenetariko bat, eta ondorioz osteoporosia pairatzeko arriskua gutxitzeko. Bestalde, gorputzaren osaerak eta muskuluen indarrak hezur dentsitatearekin lotura dutela ikusi da (Ahedi et al., 2014). Dena den, bakoitzaren garrantzia HMMaren finkapenean ez dago argi.

Hori dela eta ikerketa honen helburuak hauexek izan dira:

- 1) JF-ren kantitate, intentsitateak eta ardatzak hezuraren zurruntasunarekin duten erlazioa jakitea.
- 2) Gorputz osaerak hezur zurruntasunarekin duen lotura zehaztea.
- 3) Izterreko indarren eta hezur zurruntasunaren arteko korrelazioa jakitea.
- 4) Gaztaroko hezur dentsitatea azaltzeko lehen aipatutako parametroetatik adierazgarrienak direnak azaltzea, kasu guztietan mutil eta nesken arteko bereizketa eginez.

Modu honetan, osteoporosiaren prebentziorako zein JF mota den eraginkorrena ondorioztatu ahal izateko

### 3.MATERIALAK ETA METODOAK

#### 3.1. LAGINA

18-20 urterekin helduaroan izango den hezur masaren %95a lortzen denez, 18 eta 22 urte arteko UPV/EHU-ko ikasleak hartu dute parte ikerketan, Medikuntza eta Erizaintzako Fakultatekoak eta Zientzia eta Teknologiako Fakultatekoak, hain zuzen ere. Bestelako perfil zehatzik ez da bilatu. Ikasleek ikerketari buruz ahozko eta idatzizko informazioa jaso ondoren, euren borondatez baimen informatua sinatu duten ikasleak aztertu dira. Ikerketa lan hau Euskal Herriko Unibertsitateko Etika Batzordearen baimenarekin egin da (INA-DMO 109)

1.Taula Laginaren ezaugarriak.

	Mutilak	Neskak	Guztiak
n	61	95	156
Adina	18,77 ± 0,76	18,73 ± 0,78	18,74 ± 0,77

n: Parta-hartzaile kopurua.

#### 3.2.ANALISI ANTROPOMETRIKOA

Analisi antropometrikoa gizakien ezaugarri morfologikoen kanpoko neurketari deritza (Ulijaszek & Kerr, 1999). Horretarako, arkatz demografikoa, zinta metrikoa, plikometroa, Barys Plus baskula eta estadiometroa erabili dira. Neurketa guztiak ISAK-ek (*International Society for the Advancement of Kineanthropometry*) aholkatutako protokoloa jarraituz egin dira. Ikerketa honetan neurtutako parametro antropometrikoak honako hauek dira: pisua, altuera, izterreko perimetroa eta izterreko gantz-tolestura.

Altuera eta pisuaren neurketak Barys Plus baskulan egin ziren. Aztertutako pertsona plataformaren erdian zutik eta geldirik jartzen da eta gorputzaren pisua oin bietan banatuz, pisua neurtu zen kilogramotan. Altuera zentimetrotan neurtu da, partaideak oinak elkarren ondoan, besoak gorputzarekiko paralelo, ipurdi eta sorbalda eskalaren kontra, eta burua “Frankfurt-en planoan” mantentzen zutelarik.

Bestalde, izterreko larruazalpeko gantzaren lodiera neurtzeko plikometroa erabili da eta milimetrotan neurtu da. Aldiz, perimetroa neurtzeko, zinta metrikoa erabili da eta zentimetrotan neurtu da. Neurketa guztiak gorputzaren eskuineko aldean egin dira.

Horrez gain, femurreko muskuluen zeharkako ebaketaren azalera kalkulatu da, muskulu honen tamaina estimatzeko. Hurrengo formularen bidez kalkulatu da:

$$\left( \frac{ZSA}{IP} \right) \left( \frac{IT}{IP} \right) \quad (1)$$

non ZSA, zeharkako sekzioaren azalera den; IP, izterreko perimetroa cm-tan adierazita; eta IT, izterreko tolestura mm-tan. (Housh et al., 1995)

### 3.3. ULTRASOINUEN BIDEZKO DENTSITOMETRIA

Achiles EXPII dentsitometroaren bidez hezuraren propietate mekanikoak neurtu dira ultrasoinuen bidez. Ultrasoinuak 20 Khz-ak gainditzen dituzten maiztasun altuko uhin mekanikoak izanik, soinuak hezurra zeharkatzen duen abiadura eta atenuazioa jakitea baimentzen digu. Ondorioz, hezuraren dentsitateari buruzko informazioa emateaz gain, hezuraren arkitektura eta elastikotasunari buruzko informazioa eskaintzen du ere.

Ultrasoinuen bidez ez da zuzenean hezur masa kalkulaten, baizik eta BUA (*Broadband Ultrasound Attenuation*) eta SOS (*Speed Of Sound*) parametroak neurtzen dira. BUAaren bidez ultrasoinu uhinek hezur-trabekulak zeharkatzean xurgatzen den energia adierazten da (db/Mhz). Parametro honek hezuraren dentsitatea eta egiturari buruzko informazioa ematen du. SOS parametroak ultrasoinu uhinek hezurra zeharkatzen duen abiadura adierazten du (m/s) eta hezuraren dentsitate eta elastikotasunaren araberakoa da. BUA eta SOS parametroak erabiliz, Achilles dentsitometroak zurruntasun-indizea (*Stiffness* Indizea) kalkulatu du, hurrengo formularen bitartez kalkulatu dena:

$$Stiffness \text{ indizea} = 0,67 \times BUA + 0,28 \times SOS - 420$$

Neurketa kalkaneoan egin da hainbat arrazoiengatik. Alde batetik, kalkaneoaren %85ean hezur-trabekularrez osatuta dago eta honek hezur-berritze handia du. Gainera, hezur-trabekularrean osteoporosiak eragindako aldaketak lehenago adierazten dira. Bestetik, neurtzeko erraza da, bere morfologia laua eta simetrikoagatik. Horrez gain, ehun

konektiboko geruza oso meheak inguratzen duenez, ez dago ultrasoinuentzako oztoporik .

Partaideei hanka menderatzailearen oineko kalkaneoko hezur-dentsitatea aztertu zaie. Horretarako, oinutsik gailuaren hutsunean sartu dute eta %70eko alkohol disoluzioarekin aparatuaren mintzak eta partaideen orpoa hezetzeko, ultrasoinuen eroankortasuna hobetzeko helburuarekin. Behin oina kokatuta dagoela, transmisoreak ultrasoinuak bidaltzen ditu eta hezurretik pasa ondoren errezeptoreak jasotzen ditu. Horrela, gailuak kuantifikatzen du hezurretik igarotzean galtzen den energia eta seinalea igarotzen den abiadura. (Caballero Uribe, 2001)

### **3.4. AZELEROMETRIA**

Bizi-ohiturek, hezur-masa maximoaren aldakortasunaren %20-40a eragiten dute eta hauen artean JF eragin nabarmena duenez (Bonjour et al., 2009), partaideen JF mailaren eta jokabide sedentarioaren neurketa burutu da. Horiek neurtzeko ikerketa gehienetan galdeketak zein erregistroak egiten dira, datuak modu errazagoan lortzen baitira, baina errore-tasa handia erakusten dutenez, Actigraph WGT3X azelerometroaren bitartez modu objektibo batean neurtzea erabaki da. Arestian egindako ikerketetan Actigraph WGT3X azelerometroa pertsona helduen JF neurtzeko gailu fidagarria dela frogatu da (Aadland & Ylvisåker, 2015).

Neurketa azelerazioaren sentsorea den material piezoelektriko (berunezko titanato-zirkonatoa) baten bidez egiten da: hau da, energia mekanikoa elektrikoan bihurtzen duen material baten bidez. Sentsore honek azelerazio bat jasaten duenean, ondoan duen masa sismikoak eragiten du material piezoelektrikoak deformazio jakin bat pairatzea: inklinazioa, tentsioa ala konpresioa. Aldaketa hauek karga elektrikoan aldaketa bat eragiten dute eta ondorioz, boltaje-seinale bat sortzen da. Seinale hau hiru ardatzetako batean sortutako azelerazioarekiko proportzionala da: ardatz bertikala (Y) , horizontala (X) eta zeharkakoa (Z). Azelerazioak maiztasunetan neurtzen dira (Hz) eta detektaturiko seinalea algoritmoen bitartez kuantifikatzen da, pisua eta altuera oinarrituz (Dinesh & Patty, 2012).

Azelerometro bakoitza gerriko elastiko bati lotuta zegoen eta aldakan eskuineko aldean janzten da 7 egunetan zehar. Partaideei informatu zaie azelerometroa gainean eramateko egun osoa, uretako ekintzetarako (adibidez, igeriketa edo dutxa hartu) eta

lo egiteko izan ezik. Ikasleek azelerometroa jasotzen zuten unibertsitatean eta froga amaitu ondoren, bertan entregatzen zuten eskura. Beraz, datuak ez dira modu guztiz anonimoan jaso.

Actilife v6.13.3 softwarearen bidez programatu dira azelerometroak froga irauten duen eperako 60 Hz-etako laginketa tasarekin eta neurketak 60 segundoan behin jaso dira. Bestalde, froga burutu ondoren, softwarearen bidez analisia egin da. Horretarako, alde batetik, gutxieneko batzuk zehaztu dira: 5 egun eta egunean 10 orduz azelerometroa jantzita izatea. Beraz, balio hauetara iritsi ez direnak, analisitik kanpo geratu dira.

Analisirako Freedson Adult VM3 algoritmoa erabili da. Honen arabera, intentsitate ezberdinak tarte hauetan definitu dira: egoneko jarrera (0-99cpm, 10minutu baino gehiagoz), JF arina (0-2689cpm) , JF moderatua (2690-6166) , JF kementsua (6167-9642cpm), JF oso kementsua (9643-tik gora) , JF moderatua eta kementsua (JFMK) (2690-tik gora) eta hiru ardatzetako mugimendua (Y, Z eta X cpm). Bestalde, batez besteko MET (*Metabolic Equivalent of Task*) kopurua eta eguneko emandako urratsei buruzko informazioa ere jaso da.

### **3.5. ISOZINETIKOA**

Izan ere, badaude ikerketak muskuluaren tamainaz gain, muskuluaren indarrak hezur-masaren mantentzean ere eragina duela frogatzen dutenak (Ahedi et al., 2014). Hori dela eta, partaideen muskuluaren indarra neurtu da.

Horretarako sistema isozinetikoa erabili da, muskuluak ariketa jakin baten aurrean egiten duen indarra modu objektibo batean neurtzeko. Neurketa sistema honek hiru elementu nagusi ditu: goniometroa, takimetroa eta dinamometroa. Lehenengoak mugimendu esparrua neurtzen du. Bigarrenak, mugimenduaren abiadura finkatzen du, mugimendu isozinetikoan abiadura konstantea izan behar baita. Azkenik, dinamometroak partaideak eginiko indarra neurtzen du. Datu hauek sistema informatiko baten bidez tratatu eta hainbat datu eskaintzen dizkigu: torkea, lana, potentzia... (Huesa Jiménez et al., 2005).

Ikerketa honetan Humac Norm Cybex extremity system erabili da koadrizeps eta iskiotibialaren torke maximoaren neurketarako, lan kontzentrikoa eginez, bai

luzapenean, bai flexioan. Torke maximoa, neurtutako errepikapenetatik egindako indar muskular maximoa da, nNetan adierazita.

Parte hartzaileak eserleku doigarri batean esertzen ziren modu eroso batean eta gorputz enborra eta eskuineko izterra belkrozko uhalekin eutsi ziren. Horrela, konpentsazioak eta gorputz-enborraren mugimendua saihestu eta koadrizepsaren indarra soilik neurtu daiteke.

Eskuineko belauna dinamometroaren beso altxagarriarekin parekatu zen, partaide guztiek eskuineko hankarekin burutu baitzuten froga. Aztertutako mugimendu tartea 0-90°-tan finkatu zen, 0° belaunaren luzatze neutroaren posizioa izanik (zero anatomikoa).

60/s abiadura angeluarrean 5 errepikapen neurtzen ziren, eta bakoitzaren aurretik, 5 saiakera egiten ziren esfortzu azpi-maximoan, neurketa hasi aurretik moldatzeko eta muskuluaren indar guztia erabiltzeko. Hiru frogen artean 20 segundoko atsedena zegoen eta emaitzak ordenagailuko monitorean frogaren bitartean ikusgai zuten partaideek, *feedback* bisual baten moduan, euren indar guztia erabiltzeko. Horrez gain, ikertzaileek ahalik eta gehien motibatzen zituzten partaideek euren indar maximoa burutu zezaten.

### **3.6. ANALISI ESTADISTIKOA**

Jasotako datuak 24. bertsioko SPSS programaren bitartez aztertu dira. Alde batetik, parametro guztien estatistika deskriptiboa egin da, batez bestekoa eta desbideratze estandarra aztertuz. Gainera, Student T testa egin da, zenbait parametrotan bi sexuen arteko desberdintasun adierazgarria aztertzeko. Beste aldetik, parametroen arteko erlazioa aztertzeko korrelazio partzialak erabili dira, sexua kontrolatuz, lagin osoa batera aztertuz, eta Person-en korrelazio linealak sexuak bakarka aztertu direnean. Azkenik, erregresio linealak erabili dira zenbait aldagaiek hezurraren zurruntasunean duten erlazioa kalkulatzeko.

## 4. EMAITZAK

### 4.1. ANALISI DESKRIPTIBOA

Aztertutako pertsonen datu guztiak sexuaren arabera bereziak daude **2. Taulan**. Datu hauen artean batzuek desberdintasun adierazgarria ( $p < 0,05$ ) erakutsi dute bi sexuetan. Izterreko gantz-tolesturan nesketan handiagoa izanik mutiletan baino. Horrez gain, mutiletan handiagoa da izterreko torke maximoa (TM) nesketan baino, bai luzapenean, bai flexioan. Bestetik, mutilek MET gehiago eta JF oso kementsua gehiago egiten dute.

**2.Taula: Laginean neurtutako parametro guztien analisi deskriptiboa**

	Mutilak		Neskak		Guztiak	
Hezurraren zurruntasun-indizea	122,26	22,91	115,51	17,14	118,15	19,80
Izterreko gantz-tolestura (mm)	23,57	7,34	30,00	6,72***	28,10	7,83
Izterreko perimetroa (cm)	50,84	3,76	50,37	4,42	50,55	4,17
Izterreko ZSA (cm <sup>2</sup> )	80,04	9,47	77,92	10,85	78,75	10,35
TM luzapenean (N·m)	183,00	37,05	118,77	26,72***	142,41	43,74
TM flexioan (N·m)	104,33	23,55	61,84	13,98***	77,54	27,31
MET	1,34	0,13	1,26	0,13**	1,29	0,14
Egoneko%	47,67	8,26	45,43	9,69	46,82	9,15
JFMK (min/egun)	72,69	23,63	68,62	25,09	70,10	24,54
JF Arina (min/egun)	775,08	80,69	790,54	132,58	784,92	116,24
JF moderatua (min/egun)	59,2	17,00	58,21	18,80	58,57	18,09
JF kementsua (min/egun)	11,01	9,60	9,16	9,06	9,83	9,26
JF oso kemntsua (min/egun)	2,48	3,06	1,25	2,35*	1,70	2,68
Y ardatza (cpm/egun)	72,84	26,26	66,93	25,77	69,07	25,98
X ardatza (cpm/egun)	55,40	15,58	56,49	20,23	56,09	18,60
Z ardatza (cpm/egun)	64,81	20,58	61,15	19,62	62,48	19,96
Urratsak/egun	9425,42	2721,31	9399,30	2715,18	9408,77	2704,93

Student t adierazgarritasuna, \* $p < 0,05$ , \*\*\* $p < 0,001$

Izterreko ZSA : izterreko muskuluen zeharkako sekzioaren azalera ; TM:izterreko torke maximoa; JF: jarduera fisikoa; JFMK: jarduera fisiko moderatua eta kementsua; cpm (*counts per minut*): kontaktak minutuko. MET: batazbesteko MET kopurua.

## 4.2. JARDUERA FISIKOA ETA HEZURRAREN ZURRUNTASUN-INDIZEAREN ARTEKO KORRELAZIOAK

**3. Taulan** parte-hartzaile guztiek gaur egun egiten duten JFarekin loturiko zenbait parametro eta hezuraren zurruntasun-indizearen arteko korrelazioak azaltzen dira. Hurrengo parametro hauek hezuraren zurruntasunarekin korrelazio positibo adierazgarria ( $p < 0,05$ ) azaldu dute: MET ( $p=0,001$ ), JFMK ( $p=0,003$ ), JF moderatua ( $p=0,016$ ), JF kementsua ( $p=0,030$ ) eta oso kementsua ( $p=0,001$ ), Y ( $p=0,005$ ) eta Z ( $p=0,034$ ) ardatzeko mugimendua, eta eguneko emandako urrats kopurua ( $p=0,002$ ).

**3.Taula:** Jarduera fisikoarekin uztartutako parametroak eta hezuraren zurruntasun-indizearen arteko korrelazioak.

Hezuraren zurruntasun-indizea	r	p	gl
MET	,302	,001**	107
Egoneko%	-,114	,239	107
JFMK (min/egun)	,281	,003**	107
JF Arina (min/egun)	,036	,710	107
JF Moderatua (min/egun)	,230	,016*	107
JF Kementsua (min/egun)	,209	,030*	107
JF oso kementsua (min/egun)	,302	,001**	107
Y ardatza (cpm/egun)	,269	,005**	107
X ardatza (cpm/egun)	,161	,082	107
Z ardatza (cpm/egun)	,203	,034*	107
Urratsak/egun	,294	,002**	107

r: korrelazio partziala, sexua kontrolatuta; \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; gl: askatasun graduak. JF: jarduera fisikoa; JFMK: jarduera fisiko moderatua eta kementsua; cpm (*counts per minut*): kontaktak minutuko; MET: batzbesteko MET kopurua.

Laginak sexuaren arabera sailkatzean 4. eta 5. Tauletan azaltzen diren korrelazioak topatu genituen. Nesketan, MET ( $p=0,001$ ), JFMK ( $p=0,004$ ), JF moderatua ( $p=0,010$ ), JF oso kementsua ( $p=0,025$ ), eguneko urratsak ( $p=0,003$ ) eta Y ardatzean ( $p=0,006$ ) eta Z ardatzeko ( $p=0,032$ ) mugimenduak korrelazio positibo adierazgarria azaltzen dute hezuraren zurruntasun-indizearekin (**4.Taula**).



**4.Taula: Jarduera fisikoarekin uztartutako parametroak eta hezurraren zurruntasun-indizearen arteko korrelazioak nesketan.**

Hezurraren zurruntasun-indizea	r	p	N
MET	,379	,001*	70
Egoneko%	-,104	,390	70
JFMK (min/egun)	,337	,004**	70
JF Arina (min/egun)	,053	,664	70
JF Moderatua (min/egun)	,305	,010*	70
JF Kementsua (min/egun)	,232	,053	70
JF oso kementsua (min/egun)	,268	,025*	70
Y ardatza (cpm/egun)	,324	,006**	70
X ardatza (cpm/egun)	,180	,135	70
Z ardatza (cpm/egun)	,257	,032*	70
Urratsak/egun	,346	,003**	70

r: korrelazio lineala; \*p<0,05; \*\*p <0,01; gl: askatasun graduak .

JF: jarduera fisikoa; JFMK: jarduera fisiko moderatua eta kementsua; cpm (counts per minut ): kontaktak minutuko; MET: batazbesteko MET kopurua.

Bestalde, mutiletan JF oso kementsuak ( $p=0,035$ ) korrelazio positiboa eta adierazgarria du hezurraren zurruntasunarekin. Beraz, JF oso kementsu asko burutzea, hezur-zurruntasun handiagorekin uztartzen da (**5. Taula**). Aipatzekoa da, korrelazio positiboak daudela jarduera handiagoa azaltzen duten aldagaiekin, baina ez dira adierazgarritasunera iristen.

**5.Taula: Jarduera fisikoarekin uztartutako parametroak eta hezurraren zurruntasun-indizearen arteko korrelazioak mutiletan.**

Hezurraren zurruntasun-indizea	r	p	N
MET	,229	,155	40
Egoneko%	-,104	,396	40
JFMK (min/egun)	,231	,152	40
JF Arina (min/egun)	,014	,930	40
JF Moderatua (min/egun)	,153	,347	40
JF Kementsua (min/egun)	,191	,239	40
JF oso kementsua (min/egun)	,334	,035*	40
Y ardatza (cpm/egun)	,219	,174	40
X ardatza (cpm/egun)	,171	,290	40
Z ardatza (cpm/egun)	,152	,350	40
Urratsak/egun	,248	,123	40

r: korrelazio partziala, sexua kontrolatuta; \*p <0,05; gl: askatasun graduak

JF: jarduera fisikoa; JFMK: jarduera fisiko moderatua eta kementsua; cpm (counts per minut ): kontaktak minutuko; MET: batazbesteko MET kopurua.

### 4.3. EGOERA FISIKOA ETA HEZURRAREN ZURRUNTASUN-INDIZEAREN ARTEKO KORRELAZIOAK

**6. Taulan** parte-hartzaileen egoera fisikoarekin loturiko zenbait parametro eta hezuraren zurruntasun-indizearen arteko korrelazioak azaltzen dira. Izterreko perimetroak eta bere muskuluen zeharkako sekzioaren azalera korrelazio positibo adierazgarria ( $p < 0,001$ ) azaldu dute hezuraren zurruntasunarekin. Bestalde, azpimarratzekoa da izterreko gantz-tolestura eta aipatutako indizearen arteko korrelazioa negatiboa dela eta adierazgarritasunetik gertu dagoela.

**6.Taula:** Egoera fisikoarekin uztartutako parametroak eta hezuraren zurruntasun-indizearen arteko korrelazio partzialak lagin osoan, sexua kontrolatuta.

Hezuraren zurruntasun-indizea	r	p	gl
Izterreko gantz-tolestura (mm)	-,138	,087	153
Izterreko perimetroa (cm)	,286	<,001**	153
Izterreko ZSA (cm <sup>2</sup> )	,303	<,001***	153
TM luzapenean (N·m)	-,016	,861	122
TM flexioan (N·m)	,073	,423	122

r: korrelazio partzialeko koefizientea; \*\*\*:  $p < 0,001$ ; gl: askatasun graduak.

Izterreko ZSA : izterreko muskuluen zeharkako sekzioaren azalera ; TM: izterreko torke maxmoa;

Nesketan, izterreko perimetroak ( $p < 0,001$ ), ZSAk ( $p < 0,001$ ) eta TM luzapenean ( $p < 0,001$ ) azaldu du hezuraren zurruntasun-indizearekin korrelazio adierazgarria, modu positiboan (**7.Taula**).

**7.Taula:** Egoera fisikoarekin uztartutako parametroak eta hezuraren zurruntasun-indizearen arteko korrelazioak nesketan

Hezuraren zurruntasun-indizea	r	p	N
Izterreko gantz-tolestura (mm)	,008	,942	95
Izterreko perimetroa (cm)	,391	<,001**	95
Izterreko ZSA (cm <sup>2</sup> )	,401	<,001**	95
TM luzapenean (N·m)	,230	,041*	79
TM flexioan (N·m)	,124	,277	79

r: korrelazio linealeko koefizientea, \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; gl: askatasun graduak

Izterreko ZSA : izterreko muskuluen zeharkako sekzioaren azalera ; TM: izterreko torke maxmoa.

Mutiletan, soilik izterreko gantz-tolesturak azaldu du hezurraren zurruntasun-indizearekin korrelazio adierazgarria, modu negatiboan (**8.Taula**).

**8.Taula: Egoera fisikoarekin uztartutako parametroak eta hezurraren zurruntasun-indizearen arteko korrelazioak mutiletan.**

Hezurraren zurruntasun-indizea	r	p	N
Izterreko gantz-tolestura (mm)	-,295	,021*	61
Izterreko perimetroa (cm)	,159	,221	61
Izterreko ZSA (cm <sup>2</sup> )	,188	,147	61
TM luzapenean (N·m)	-,220	,141	46
TM flexioan (N·m)	,038	,804	46

r: korrelazio linealeko koefizientea, \*:p <0,05; gl: askatasun graduak.

Izterreko ZSA : izterreko muskuluen zeharkako sekzioaren azalera ; TM:izterreko torke maximoa

#### **4.4.HEZURRAREN ZURRUNTASUN-INDIZEAN ERAGINA DUTEN ZENBAIT DATUEN ERREGRESIO LINEALEN EREDUAK**

Erregresio lineal anizkoitzen ekuazioak eraiki dira, hezurraren zurruntasun-indizea menpeko aldagai izan da. Aldagai aske bezala sartu ditugu zurruntasunarekin egindako korrelazioetan  $p < 0,1$ -eko adierazgarritasuna azaldu dutenak.

Lagin osoan (**9. Taula**) ikusi daiteke hezurraren zurruntasuna adierazgarriki azaltzen duten aldagai askeak eguneko emandako urratsak ( $\beta=0,353$ ) izterreko perimetroa ( $\beta=0,353$ ) eta izterreko gantz-tolestura ( $\beta=-0,377$ ) izan direla. Bi lehen kasuetan modu positiboan eta izterreko tolesturan, berriz, modu negatiboan. Hau da, egunean urrats asko ematea, izterreko perimetro handiagoa, eta gantz-tolestura txikiagoa, zurruntasun handiagoarekin lotzen da ( $p < 0,001$ ). Ereduaren doitutako  $R^2$ -a 0,298 izan da. Honek esan nahi du, aipatutako parametroek hezur-zurruntasunaren %29.8a azaltzen dutela.

**9. Taula: Urratsak/egun, izterreko tolestura eta izterreko perimetroaren eta hezurraren zurruntasun-indizearen arteko sistemaren emaitzen azterketa.**

I. Hezurraren zurruntasun-indizea:	Beta	t	Sig.
Konstantea	-	1,619	,108
Urratsak/egun	,285	3,477	,001
Izterreko gantz-tolestura (mm)	-,377	-4,537	<,001
Izterreko perimetroa (cm)	,353	4,246	<,001

$R=0,546$ ,  $R^2 = 0,298$ ,  $R^2$  doitu=0,278,  $p < 0,001$

Menpeko aldagaia: I.Hezurraren zurruntasun-indizea.

Bestalde, azterketa berdina burutu da bi sexuak bakarka aztertuz. Nesken kasuan, eguneko emandako urratsak ( $\beta=0,339$ ) eta izterreko perimetroa ( $\beta=0,352$ ) modu adierazgarri eta positiboan azaltzen dute hezurraren zurruntasuna (**10.Taula**). Taula honetan doitutako  $R^2$  0,218 izan da. Beraz, parametro hauek zurruntasunaren %21.8 azaltzen dute.

**10. Taula: JF oso kementsua, izterreko tolestura eta TM ratioaren eta hezurraren zurruntasun-indizearen arteko sistemaren emaitzen azterketa nesketan.**

I. Hezurraren zurruntasun-indizea:	Beta	t	Sig.
Konstantea	-	1,254	,214
Urratsak/egun	,339	3,148	,002
Izter perimetroa (cm)	,352	3,276	,002

R=0,487,  $R^2 = 0,237$ ,  $R^2$  zuzendua=0,214,  $p<0,001$   
Menpeko aldagaia: I.Hezurraren zurruntasun-indizea

**11. Taulan** ikusi daiteke, mutiletan izterreko tolestura eta JF oso kementsua modu adierazgarrian hezurraren zurruntasun-indizea aurreikusi dezaketela, baina modu negatiboan ( $\beta=0,336$ ) eta positiboan ( $\beta=-0,384$ ), hurrenez hurren.

**11. Taula: JF oso kementsua, izterreko tolestura eta TM ratioaren eta hezurraren zurruntasun-indizearen arteko sistemaren emaitzen azterketa mutiletan.**

I. Hezurraren zurruntasun-indizea:	Beta	t	Sig.
Konstantea	-	11,97	<,001
JF oso kementsua (min/egun)	,336	2,377	,023
Izterreko tolestura (mm)	-,384	-2,712	,010

R=0,509,  $R^2 = 0,259$ ,  $R^2$  zuzendua=0,219,  $p=0,004$  izanik.  
Menpeko aldagaia: I.Hezurraren zurruntasun-indizea  
JF: jarduera fisikoa.

## 5. EZTABAIDA

HMM maximizatzeko JF egokiena zein den ez dago guztiz zehaztuta oraindik. Hori dela eta, parte hartzaileek burutzen duten JFa aztertu dugu eta euren hezur-zurruntasunarekin egindako korrelazioen bitartez, zein JF den egokiena ondorioztatzen saiatu gara ikerketa honetan.

Parte hartzaile guztiek egiten duten JF orokorrari dagokionez, eguneko urratsak eta batez besteko MET kopurua hezuraren zurruntasunarekin positiboki erlazionatuta daudela behatu dugu, adierazgarriki. Aldiz, egoneko bizimodua eramateak, hezuraren zurruntasunarekiko eragin negatiboa duela sumatzen da, baina ez da adierazgarritasunera iristen. Beraz, JF modu erregularrean burutzea garrantzitsua da HMM optimizatzeko eta ondorioz, osteoporosiaren prebentziorako (Zulfarina et al., 2016). Izan ere, JF-k hezur masaren eskuratzeko prozesuan eragin handia du, osteozitoen propietate mekanosentsorialari esker. Horrez gain, hezuraren egitura aldaketak eragiten ditu ere, hezurra sendoago bilakatuz (Ubago-Guisado et al., 2015)

Hala ere, JF guztiek ez dute eraginkortasun berdina efektu osteogenikoaren estimulazioan eta beraz, hezuraren birmoldaketan. Hori dela eta, ikerketa honetan JFaren intentsitateari eta mugimendu ardatzei ere erreparatu diegu.

Kontuan hartu beharrekoa da, eskeletoa egokitu egiten dela gailentzen den jardueraren intentsitate mailara, eta ez gehiago, efektu osteogenikoaren bitartez hain zuzen ere (Vicente-Rodríguez, 2006). Gure ikerketaren emaitzen arabera, ondoriozta dezakegu hezurra estimulatzeko eta bere zurruntasunean eragina izateko intentsitate moderatutik gorako JF burutu behar dela. Intentsitate arinean egindako JF-an ez da erlazorik ikusten, aldiz, moderatutik gorako intentsitateek adierazgarriki korrelazionatu dira hezuraren zurruntasunarekin. Gainera, JF oso kementsua izan da adierazgarritasun altuena erakutsi duena. Hau bat dator, intentsitate altuko JF hezur dentsitatea handitzeko egokienak direla ondorioztatzen duten lanekin (Karlsson et al., 2008).

Bestetik, garrantzitsua da ere mugimendu ardatzei erreparatzea. Izan ere, Hert et al.-ren ikerketa aitzindariak frogatu zuen hezurak karga dinamikoarekiko erantzun handiagoa sortzen duela, karga estatikora baino. Izan ere, karga dinamikoak hezuraren matrizearen deformazioa eragiten du, hezuraren dauden jariakinen mugimendua eraginez. Jariakin hauek osteozitoek osatzen duten sarean zehar

mugitzean, osteozitoen mintz plasmatikokoan zizailadura estresa eragiten dute eta ondorioz, osteogenesisia dakarren seinaleztapen zelularreko ur-jauzia aktibatzen da (Turner, 2005). Gure ikerketaren emaitzetan ikusi daiteke Y ardatzean (bertikalean) egindako mugimendua dela adierazgarritasun handiagoarekin korrelazionatzen dena. Beraz, badirudi talkadun ariketa fisikoak direla egokienak hezurraren zurruntasuna handitzeko: hain zuzen ere, jauzi eta lasterketak bezalako ariketa pilometrikoak barnehartzen dituztenak (Ubago-Guisado et al., 2015).

Honekin guztiarekin ondorioztatu dezakegu JFak eragin positiboa duela hezurraren garapenean. Horrez gain, intentsitate altuko JF, bereziki inpaktuduna, efektu osteogeniko handiena duena da.

Aipatu beharrekoak, bi sexuak bakarka aztertzean ikusi diren zenbait desberdintasun. Nesketan, JF moderatua adierazgarritasun altuagoa lortu da, oso kementsuan baino. Honen arrazoia izan daiteke, neskek JF oso kementsu gutxiago burutzen dutela, gure emaitzetan ikusi dugun bezala. Mutiletan, bereizgarria da JF oso kementsuan soilik lortu dela adierazgarritasuna. Intentsitate baxuagoetan ere korrelazioak daude, bai ez dira adierazgarriak. Beraz, gai honetan ondorio sendagoak lortzeko lagina handiagoa beharko genuke.

Horrez gain, muskulu- eta hezur-ehunen artean erlazio estua dagoela ezaguna den arren, gutxi dira muskuluen tamaina, muskuluen indarra eta hezur dentsitatearen arteko erlazioa aztertu duten ikerketak. Hori dela eta, ikerketa honetan izterreko muskuluen indarra eta tamainak hezurraren zurruntasunarengan eragina izan dezakeen aztertu da. Izterra neurtu dugu kuadrizepsa eta iskiotibiala beheko gorputz adarretako muskulu handienak direlako eta hauetan nabariagoa izango delako inpaktudun JF eragina. Horrekin batera, gantzaren eragina ere aztertu da.

Antropometriaren bidez lortutako emaitzetan, ikusi daiteke, bai izterreko muskuluen ZSA, bai izterreko perimetroa positiboki erlazionatzen dela hezurraren zurruntasunarekin, estatistikoki adierazgarritasun altuarekin. Aldiz, izterreko gantz-tolestura hezurraren zurruntasunarekin modu negatiboan erlazionatzen dela sumatu daiteke, adierazgarritasunetik gertu egonik. Honekin ondorioztatu dezakegu, muskulu handi eta gantz gutxi izateak HMM altuagoarekin erlazionatzen dela, eta ondorioz, osteoporosia pairatzeko arriskua txikitu. Muskuluak hezurrarengan duen eragin

positibo hau bi modutara azaldu daiteke: alde batetik, teoria mekanoestatikoaren bidez, eta bestetik, muskulu- eta hezur-ehunen komunikazio endokrino eta parakrinoaren bidez. Lehenengoari dagokionez, muskuluek eta euren tendoiek hezurrean tentsio indarrak burutzen dituzte, uzkuratzen eta luzatzen direnean, hezurraren birmoldaketa estimulatuz, beraz, muskulu garatuagoek hezurrengan tentsio handiagoak eragingo dituzte (Vicente-Rodríguez, 2006). Bestetik, muskulu-ehunaren propietate endokrinoari esker, seinale biomekanikoen (karga, karga-eza eta JF) detekzio eta trasdukzioa burutu dezake seinale biokimikoetara; eta horrez gain, sistemikoki estimulu hormonalak ere eragiten du hezurrarengan. Izan ere, muskuluek miokinak jariatzen ditu eta hauek hezur dentsitatean garrantzia dutela frogatu da (Cianferotti & Brandi, 2014). Aldiz, gantz-ehunak jariatzen dituen zenbait adipokinek inpaktu negatiboa izan dezaketela ikusi da, hezurrean zein muskuluan. Hala ere, gantzak hezur apurketa arriskuan nola eragiten duen ez dago argi oraindik (Kawao & Kaji, 2015).

Teoria mekanoestatikoaren arabera, zenbat eta indar gehiago izan, muskuluek hezurak gehiago estimulatuko dituzte, beraz, TM altua, hezurraren zurruntasunarekin erlazio positiboa espero genuen. Hala ere, izterreko muskuluetan ez da asoziaziorik ikusi hezur-zurruntasunaren eta indarraren artean, bi sexuak batera aztertu ditugunean. Honen azalpena izan daiteke, analisi deskriptiboaren emaitzetan ikusi daitekeen bi sexuen arteko desberdintasuna, adierazgarritasun oso altuarekin, zeinetan mutilek TM balio handiagoak lortzen dituzten neskekin alderatuz. Hori dela eta, indarraren eragina ikustea zaila izan daiteke bi sexuak bateratzean.

Nesketan izterreko muskuluen tamainaren eta kuadrizepsaren indarraren artean ikusi da erlazioa. Honen hipotesia da nesketan kirolariak diren eta ez direnen alde handia dagoela izan daiteke, izan ere, faktore biologikoak direla eta neskek indar gutxiago garatzen dute mutilekin alderatuz gero (Salvador et al., 2005).

Aldiz, mutiletan indarrean ez da adierazgarritasunik ikusi. Honen arrazoia hurrengoak izan daiteke: adin honetako mutiletan ohikoa da talkadun jarduera egitea eta ondorioz, lagina handiagoa beharko genuke indarraren eta hezur-zurruntasunaren arteko erlazioa argiago ikusi ahal izateko mutiletan eta ondorio sendoagoak lortzeko.

Honekin batera, mutilen muskuluen perimetroa ez da hezur zurruntasunarekin adierazgarriki lotu, baina bai gantz tolesturarekin. Aldiz, nesketan alderantziz gertatu da. Desberdintasun honen arrazoia ez dugu ezagutzen, baina aipagarria da emakumeetan estrogenoak hezurra sendotzeko garrantzitsuak direla (Imai et al., 2009). Honen ildora behatu da, gorputz gantz oso baxua edo oso altua edukitzeak estrogeno kontzentrazio baxuagoa izatea eragiten duela emakumeetan (Ziomkiewicz et al., 2008). Horregatik, ulergarria izan daiteke parametro horien artean erlazio linealik ez topatzea. Mutiletan muskuluarekin erlazorik ez topatzea laginaren homogeneotasunarekin loturik egon daiteke, gehienak kirolari aktiboak baitziren.

Erregresio linealen ereduan ikusi daiteke, egunean emandako urratsak eta izterreko perimetro eta gantz-tolesturak modu adierazgarrian azaltzen dutela hezuraren zurruntasuna: lehenengo biak eragin positiboa eta hirugarrenak eragin negatiboa izanik. Honen bidez ondorioztatu dezakegu egunean urrats asko eman eta izter perimetro handia gantz gutxirekin izanez gero, hezur-zurruntasuna handiagoarekin lotzen dela. Dena den, bere artean duten kolinealitate altuaren ondorioz, ezin izan dugu zehazki jakin JFren zein parametro den adierazgarriena hezur dentsitatearen finkapenean. Y ardatzaren mugimenduarekin oso antzekoa den  $R^2$  lortu dugulako (0,275).

Aipatzekoa da ereduaren doitutako  $R^2$ -a 0,298 izanik, aipatutako parametroek hezur-zurruntasunaren %29,8a azaltzen dute. Balio hau bat dator bibliografiaren arabera bizi ohiturek HMM-rengan izan dezaketen eraginarekin: %20-40. (Rizzoli et al., 2010). Kontutan izanik, bizi ohituren artean, JFaz gain, nutrizioak ere eragin nabarmena duela eta ikerketa honetan aztertu ez dela.

Bestetik, nesketan JF orokorra, eguneko emandako urratsak zehazki, eta izterreko perimetroak, hezuraren zurruntasunaren %21,8a azaltzen dutela ikusi dugu. Aldiz, mutiletan, izterreko tolesturak (negatiboki) eta JF oso kementsuak (positiboki) azaltzen dute hezuraren zurruntasun indizea %21,9an. Neska eta mutilen arteko desberdintasun hau bat dator, aurretik azaldutako hipotesiarekin, non neskek JF oso kementsu gutxiago eta jarduera orokor gehiago, eta mutilek berriz, alderantziz.



Beraz, HMM desosifikazio prozesuaren abiapuntua izanik, berebizikoa da HMM altua lortzea osteoporosiaren prebentziorako. HMM-ren aldakortasunaren %20-40a bizi ohituren menpe dagoela behatu denez (Rizzoli et al., 2010), ikerketa honen emaitzekin, JFak HMM maximizatzeko garrantzi handia duela ondorioztatu dezakegu. Egoneko bizimodua ekidinez eta intentsitate altuko JF dinamikoa egunerokotasunera gehituz hezurren zurruntasuna areagotzea lortu daiteke. Horrekin batera, gantz gutxi (nagusiki mutiletan) eta muskulu garatuak (emakumeetan) izateak hezur masaren mantentzea faboratzen dute. Estrategia hauek gaztaroan aplikatu daitezke HMM handiagoa lortzeko, eta modu erraz eta ekonomiko batean helduaro edota zahartzaroan osteoporosia garatzeko arriskua murriztea lortu daiteke.

## **6. IKERKETAREN INDAR-GUNEAK ETA MUGAK**

Ikerketa honek dituen mugen artean, zeharkako ikerketa dela aipatu daiteke. Hori dela eta, ezin daiteke kausa-efektu erlazioa ikusi. Bestetik, laginaren ezaugarriengatik ezin izan dira ondo bereizi azelerometroaren bidez jasotako datuek hezur zurruntasuna azaltzeko duten garrantzia, batez ere JF orokorra eta mugimendu ardatzei dagokionez, korrelazio oso altua erakutsi dute eta.

Hala ere, baditu zenbait indar-gune ere. Aipatzekoa da, datuen sendotasuna, datu guztiak modu objektibo batean jaso dira eta. Bereziki aipagarriak dira partaideek burutzen duten JF-ari buruzko datuak, izan ere, ikerketa askotan galdetegiak erabiltzen dira eta hauek errore-tasa handia erakusten dute. Aldiz, azelerometroaren bitartez modu objektibo eta fidagarrian neurtzen da JF eta jokabide sedentarioa.

## **7. ONDORIOAK**

1-JF hezuraren zurruntasun-indizearekin erlazio positiboa du.

2- Hezurra estimulatzeko intentsitate altuko JF egokiena dirudi. JF arinaren hezur-zurruntasunaren artean loturarik ez da ikusi, beraz, JF arina ez da nahikoa osteogenesisia eragiteko. Aldiz, JF moderatutik gorako intentsitateetan adierazgarritasuna ikusi da, bereziki JF oso kementsuan.

3- Y ardatzean egindako mugimenduak hezuraren zurruntasunean lotura handiena dutela ikusi da. Beraz, saltoak eta lasterketak bezalako ariketa pilometrikoak burutzea garrantzitsua izan daiteke HMM optimizatzeko.

4- Muskuluak eta gantzak eta hezurraren zurruntasunaren arteko lotura ikusi da, izterreko perimetroaren modu positiboan eta gantzak modu negatiboan eragiten dutelarik. Hori dela eta, muskulu garatua eta gantz gutxi izateak, hezurraren zurruntasuna areagotzen lagundu dezakeela ondorioztatu dugu.

5- Muskuluaren indarra eta hezurraren zurruntasunaren arteko erlazio hain argi ikusi ez den arren, eragina positiboa dela sumatu daiteke, batez ere nesken kasuan.

6- Ikerketa honetan eraikitako erregresio linealen ereduak, HMM-rengan bizi ohiturek eragin dezaketen aldakortasun tartearen barne egonik (%20-40), eruedetan agertzen diren parametroak garrantzitsuak direla ondorioztatu dezakegu HMM maximizatzeko: alde batetik, bi sexuetan egunean emandako urratsak, izterreko perimetroa eta gantz-tolestura; bestetik, nesketan, eguneko urratsak eta izterreko perimetroa; azkenik, mutiletan, izterreko tolestura eta JF oso kementsua.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Aadland, E., & Ylvisåker, E. (2015). Reliability of the actigraph GT3X+ accelerometer in adults under free-living conditions. *PLoS ONE*, *10*(8), 1–10.
- Ahedi, H., Aitken, D., Scott, D., Blizzard, L., Cicuttini, F., & Jones, G. (2014). The association between hip muscle cross-sectional area, muscle strength, and bone mineral density. *Calcified Tissue International*, *95*(1), 64–72.
- Bonjour, J. P., Chevalley, T., Ferrari, S., & Rizzoli, R. (2009). The importance and relevance of peak bone mass in the prevalence of osteoporosis. *Salud Publica de Mexico*, *51*(SUPPL.1), 5–17.
- Brotto, M., & Johnson, M. L. (2014). Endocrine crosstalk between muscle and bone. *Current Osteoporosis Reports*, *12*(2), 135–141.
- Caballero Uribe, C. (2001). Evaluación de la osteoporosis mediante el ultrasonido cuantitativo de calcáneo. *reemo*, *10*(2), 65–69.
- Cauley, J. A. (2015). Estrogen and bone health in men and women. *Steroids*, *99*(Part A), 11–15.
- Cianferotti, L., & Brandi, M. L. (2014). Muscle-bone interactions: Basic and clinical aspects. *Endocrine*, *45*(2), 165–177.
- Dinesh, J., & Patty, F. (2012). Actigraph and actual physical activity monitors: A peek under the hood. *Med Sci Sports Exerc*, *44*, 1–6.

- Florencio-Silva, R., Sasso, G. R. D. S., Sasso-Cerri, E., Simões, M. J., & Cerri, P. S. (2015). Biology of Bone Tissue: Structure, Function, and Factors That Influence Bone Cells. *BioMed Research International*, 2015, 1–17.
- Guo, B., Zhang, Z. K., Liang, C., Li, J., Liu, J., Lu, A., ... Zhang, G. (2016). Molecular Communication from Skeletal Muscle to Bone: A Review for Muscle-Derived Myokines Regulating Bone Metabolism. *Calcified Tissue International*, 100(2), 1–9.
- Hert J, Liskova ´ M, Landa J. Reaction of bone to mechanical stimuli. 1. Continuous and intermittent loading of tibia in rabbit. *Folia Morphol (Praha)* 1971;19:290–300.
- Hinton, P. S., Nigh, P., & Thyfault, J. (2016). Serum sclerostin decreases following 12months of resistance- or jump-training in men with low bone mass. *Bone*, 96, 85–90.
- Housh, D. J., Housh, T. J., Weir, J. P., Weir, L. L., Johnson, G. O., & Stout, J. R. (1995). Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.
- Huesa Jiménez, F., García Díaz, J., & Vargas Montes, J. (2005). Dinamometría isocinética. *Rehabilitación*, 39(6), 288–296.
- Imai, Y., Youn, M. Y., Kondoh, S., Nakamura, T., Kouzmenko, A., Matsumoto, T., ... Kato, S. (2009). Estrogens maintain bone mass by regulating expression of genes controlling function and life span in mature osteoclasts. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1173(SUPPL. 1), 31–39.
- Karlsson, M. K., Nordqvist, A., & Karlsson, C. (2008). Physical activity increases bone mass during growth. *Food & Nutrition Research*, 52, 1–10.
- Kawao, N., & Kaji, H. (2015). Interactions between muscle tissues and bone metabolism. *Journal of Cellular Biochemistry*, 116(5), 687–695.
- Márquez, S., & Molinero, O. (2013). Disponibilidad De energía, disfunción menstrual y salud ósea en el deporte; una revisión de la triada de la atleta femenina. *Nutricion Hospitalaria*, 28(4), 1010–1017.
- Prestwood, K. M., & Raisz, L. G. (2002). Prevention and treatment of osteoporosis. *Clin Cornerstone*, 4(6), 34–44.
- Rizzoli, R., Bianchi, M. L., Garabédian, M., McKay, H. A., & Moreno, L. A. (2010). Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone*, 46(2), 294–305.
- Ross, A. C., Manson, J. E., Abrams, S. a, Aloia, J. F., Brannon, P. M., Clinton, S. K., ... Shapses, S. a. (2011). The 2011 report on dietary reference intakes for calcium and vitamin D from the Institute of Medicine: what clinicians need to know. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 96(1), 53–58.
- Salvador, E., Cyrino, E., & Gurjão, A. (2005). A comparison of motor performance between men and women in multiple sets of weight exercises. *Revista Brasileira*

*de Medicina Do Esporte*, 11(5), 242–245.

Schurman, L., Bagur, A., Claus-Hermberg, H., Messina, O. D., Negri, A. L., Sánchez, A., ... Mastaglia, S. (2013). Guías 2012 Para El Diagnóstico, La Prevención Y El Tratamiento De La Osteoporosis. *Medicina*, 73(1), 55–74.

Turner, C. H. (2005). Exercises for improving bone strength. *British Journal of Sports Medicine*, 39(4), 188–189.

Ubago-Guisado, E., Mata, E., Sánchez-Sánchez, J., Plaza-Carmona, M., Martín-García, M., & Gallardo, L. (2015). Influence of different sports on bone mass in growing girls. *Journal of Sport and Health Science*, 33(16).

Ulijaszek, S. J., & Kerr, D. A. (1999). Review article Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status, 44(1999), 165–177.

Van Langendonck, L., Lefevre, J., Claessens, A. L., Thomis, M., Philippaerts, R., Delvaux, K., ... Beunen, G. (2003). Influence of participation in high-impact sports during adolescence and adulthood on bone mineral density in middle-aged men: A 27-year follow-up study. *American Journal of Epidemiology*, 158(6), 525–533.

Vicente-Rodríguez, G. (2006). How does exercise affect bone development during growth? *Sports Medicine*, 36(7), 561–569.

Weaver, C. M., Gordon, C. M., Janz, K. F., Kalkwarf, H. J., Lappe, J. M., Lewis, R., ... 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. *Osteoporosis International*, 27(4), 1281–1386.

Whiting, S. J., Vatanparast, H., Baxter-Jones, A., Faulkner, R. a, Mirwald, R., & Bailey, D. a. (2004). Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt. *The Journal of Nutrition*, 134(3), 696S–700S.

Ziomkiewicz, A., Ellison, P. T., Lipson, S. F., Thune, I., & Jasienska, G. (2008). Body fat, energy balance and estradiol levels: A study based on hormonal profiles from complete menstrual cycles. *Human Reproduction*, 23(11), 2555–2563.

Zulfarina, M. S., Sharkawi, A. M., Aqilah-S N, Z.-S., Mokhtar, S.-A., Nazrun, S. A., & Naina-Mohamed, I. (2016). Influence of Adolescents' Physical Activity on Bone Mineral Acquisition: A Systematic Review Article. *Iranian Journal of Public Health*, 45(12), 1545–1557.