

Universitat de Barcelona

Departament de Teoria i Història de l'Educació

INEFC Centre de Barcelona

**INFLUÈNCIA DE L'ENTRENAMENT INTENSIU I LA
PRÀCTICA DEL BÀSQUET D'ALT NIVELL EN LA MASSA
ÒSSIA DE NOIES ADOLESCENTS**

Tesi doctoral presentada per:

Caritat Bagur Calafat

Barcelona, Maig 2006

Universitat de Barcelona

Departament de Teoria i Història de l'Educació

INEFC Centre de Barcelona

Programa:

RECERCA EN L'ACTIVITAT FÍSICA I L'ESPORT: teoria i mètodes.

Bienni 1995-97

**INFLUÈNCIA DE L'ENTRENAMENT INTENSIU I LA PRÀCTICA DEL
BÀSQUET D'ALT NIVELL EN LA MASSA ÒSSIA DE NOIES
ADOLESCENTS**

Tesi doctoral presentada per:

Caritat Bagur Calafat

Dirigida per:

Dr. Jordi Farrerons Minguella

Per optar al títol de Doctora per la Universitat de Barcelona

Barcelona, Maig 2006

Agraïments

Vull agrair de tot cor el suport d'aquelles persones, familiars, amics i companys, que de tantes maneres m'han acompanyat en l'elaboració d'aquesta tesi doctoral.

Al Dr Jordi Farrerons Minguella, director d'aquesta tesi doctoral, per haver-me donat l'oportunitat de realitzar aquest estudi, per la seva orientació, consells, recolzament i disposició que han fet possible culminar aquest projecte. La meva gratitud per haver pogut gaudir de la seva qualitat humana i científica.

A totes les noies components de la mostra, jugadores de bàsquet i estudiants, per la seva col·laboració i interès mostrat en aquest estudi, sense la seva perseverança aquest no hagués estat possible.

A l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau per les facilitats que sempre m'han donat.

A la Sra. Pilar Lluch, infermera del Servei de Medicina Interna de l'Hospital de Sant Pau, per la seva ajuda en la realització de les exploracions densitomètriques i la seva amabilitat en el tracte amb les adolescents que, "de tant en tant, enväien el servei".

Al Servei de Bioquímica de l'Hospital de Sant Pau, i de manera especial al Dr. Jordi Ordóñez Llanos i al Dr. José Rodríguez Espinosa, així com als tècnics del

Servei d'Extraccions per la seva participació en l'estudi hormonal i del metabolisme mineral.

Al Dr. Ignasi Gisch, del Departament d'Epidemiologia de l'Hospital de Sant Pau, pel seu ajut en les primeres passes del tractament estadístic, pel seu rigor i per fer més fàcil l'abordatge de tantes dades, quan no eren més que això....dades.

A la Sra. Montserrat Girabent, cap del Departament de Bioestadística de la Universitat Internacional de Catalunya, pels seus consells, sempre encertats, en el tractament estadístic i per fer-me costat en tot moment.

Al Centre d'Estudis d'Alt Rendiment Esportiu i al Servei de Fisioteràpia de la Residència Blume per la seva ajuda en la determinació de la incidència lesional de les jugadores de bàsquet i per ser sempre el suport i referent en el control de la salut d'aquestes esportistes.

A les biblioteques, on vaig trobar totes les referències esmentades, i de forma molt especial a la Biblioteca de la Direcció General de l'Esport, on sempre he trobat facilitats, recolzament i bona disposició per part dels seus tècnics.

A la Sra. Maribel Pérez Ballano del Negociat de Postgrau i Recerca de l'INEFC, per la seva paciència, ajut i suport en els temes administratius.

A aquells companys de feina, de la Federació de Bàsquet, la Residència Blume i la Universitat Internacional de Catalunya, que en mostrar el seu interès i recolzament cap a aquest projecte han fet que el camí recorregut sigui més

planer. D'entre ells, un record especial per l'Alberto, trobarem a faltar la seva qualitat humana i científica.

Als meus pares, per la inquietud pel saber que sempre em van inculcar i per ser-hi sempre.

Al meu germà per acompanyar-me en tot moment i pel seu assessorament lingüístic.

A n'en Josep, n'Aina i na Francina pel seu amor i la seva paciència davant de tantes hores dedicades a aquest estudi.

Abreviatures

Ca: Calci

Ca_s: calci sèric

Ca_{sc}: calci sèric corregit

CMO: Contingut mineral ossi

CSD: “Consejo Superior de Deportes”

DEXA: Absorciometria dual fotònica

DMO: Densitat mineral òssia

E.S.O.: Ensenyament Secundari Obligatori

I.E.S.: Institut d’Ensenyament Secundari

IMC: Índex de Massa Corporal

mL FG: mil·lilitres de filtrat glomerular

PMO: Pic de massa òssia

PTH: Parathormona ó Hormona Paratiroide

TACCp: Tomografia axial computeritzada quantitativa perifèrica

Índex

JUSTIFICACIÓ I OBJECTIUS	1
1-. JUSTIFICACIÓ DE LA TESI	3
2-. HIPÒTESI I OBJECTIUS DE L'ESTUDI	5
INTRODUCCIÓ	7
1-. ESTRUCTURA DEL TEIXIT OSSI	9
1.1-. Composició de l'os	9
1.2-. Tipus d'os	10
2-. MASSA ÒSSIA	12
2.1-. Definició	12
2.1.1-. Modelatge i remodelatge ossi	12
2.1.2-. <i>Turnover</i> ossi	13
2.1.3-. Valoració de la densitat òssia	14
2.1.3.1-. Valoració de la densitat òssia en l'edat pediàtrica	14
2.2-. Evolució ontogènica de la densitat òssia	15
2.2.1-. Densitat òssia en l'adolescent	17
2.2.2-. Relació entre el pic de massa òssia i la seva evolució posterior	19
2.3-. Factors condicionants de la formació òssia	21
2.3.1-. L'herència	22
2.3.2-. Els factors nutricionals	22
2.3.2.1-. Minerals	23
2.3.2.2-. Vitamina D	27
2.3.2.3-. Vitamina K	27
2.3.2.4-. Proteïnes	27
2.3.2.5-. Refrescos	28
2.3.3-. Factors mecànics	28
2.3.4-. Factors hormonals	30
2.3.5-. Factors tòxics	32
2.3.5.1-. Tabac	32
2.3.5.2-. Alcohol	33
2.3.5.3-. Cafè	34
2.4-. Marcadors bioquímics de la funció òssia	34
2.4.1-. Marcadors de formació òssia	34
2.4.2-. Marcadors de resorció òssia	35
2.4.3-. Altres paràmetres bioquímics no hormonals relacionats amb la massa òssia	36

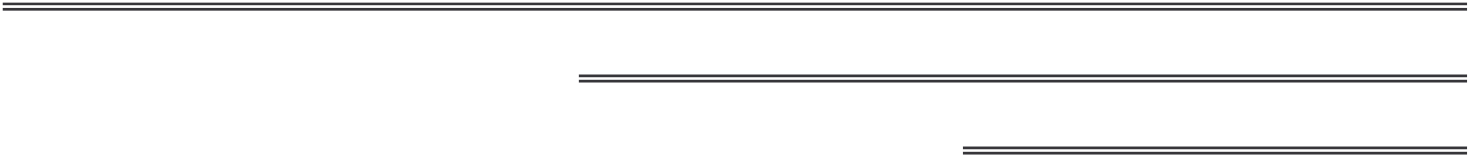
3-. MASSA ÒSSIA I EXERCICI FÍSIC	38
3.1-. Característiques de la càrrega mecànica que influeixen sobre la massa òssia	38
3.2-. Tipus d'exercici realitzat i la seva influència sobre la massa òssia	39
3.2.1 Influència de les activitats de salt sobre la massa òssia	41
3.2.2 Magnitud de la càrrega de treball i durada de l'exposició	42
3.3-. Esport i massa òssia	43
3.3.1-. Bàsquet i massa òssia	44
3.4-. Efectes de l'exercici en relació a la regió òssia	45
3.4.1-. Força i massa òssia	47
3.5-. Efectes de l'exercici físic en la densitat òssia en relació a l'edat	49
3.5.1-. Primera infància	50
3.5.2-. Etapa prepuberal	50
3.5.3-. Adolescents	51
3.5.4-. Adults joves	51
3.5.5-. Adults majors	52
3.5.6-. Persones majors	52
3.6-. Interacció de l'exercici físic amb altres determinants de la massa òssia en l'adolescent	53
3.6.1-. Nutrició, activitat física i massa òssia en l'adolescent	53
3.6.2-. Estat hormonal de l'adolescent, activitat física i densitat òssia	57
3.6.2.1-. Disfunció menstrual y activitat física. La triada patològica de la dona esportista	57
3.6.3-. Marcadors bioquímics de la funció òssia i exercici físic en adolescents	59
3.7-. Influència a mig i llarg termini de l'exercici físic sobre la densitat òssia	61
SUBJECTES I MÈTODES	65
1-. PLANTEJAMENT METODOLÒGIC	67
2-. SUBJECTES	69
3-. CRITERIS D'INCLUSIÓ I D'EXCLUSIÓ	70
3.1-. Criteris d'inclusió	70
3.1.1-. Per al grup d'estudi o grup d'esportistes	70
3.1.2-. Grup control o grup d'estudiants	70
3.2-. Criteris d'exclusió	70
4-. MOSTRA, MOSTREIG I MARC DE L'ESTUDI	72
4.1-. Mostra i tipus de mostreig	72
4.2-. Marc de l'estudi	72
5-. DEMOGRAFIA	74
5.1-. Característiques antropomètriques	74
5.2-. Cicle menstrual	74

5.2.1-	Menarquia	74
5.2.2-	Alteracions en la menstruació. Amenorrea	74
5.2.2.1-	Amenorrea prèvia a l'inici de l'estudi	74
5.2.2.2-	Amenorrea durant l'estudi	74
5.3-	Nivells hormonals i de remodelatge ossi	75
5.3.1-	Obtenció de les mostres	75
5.3.2-	Tècniques de laboratori	76
5.4-	Ingesta de calci	77
5.5-	Factors tòxics	78
5.6-	Incidència de fractures	78
5.6.1-	Fractures prèvies a l'inici de l'estudi	78
5.6.2-	Fractures patides durant l'estudi	78
6-	EXERCICI FÍSIC	79
6.1-	Exercici abans de l'inici de l'estudi	79
6.2-	Exercici durant l'estudi	79
6.2.1-	Hores d'exercici físic per temporada de les estudiants	79
6.2.2-	Hores d'exercici físic per temporada de les jugadores de bàsquet	79
6.3-	Incidència lesional i dies d'inactivitat per lesió	82
7-	MASSA ÒSSIA	83
7.1-	Tècnica d'absorciometria dual fotònica (DEXA)	83
7.1.1-	Exploració de la columna lumbar	83
7.1.2-	Exploració del fèmur proximal	84
7.1.3-	Exploració del radi distal	87
7.2-	Tècnica de tomografia axial computeritzada quantitativa perifèrica (TACCp)	88
8-	ESTUDI ESTADÍSTIC	90
	RESULTATS	91
1-	DESCRIPTIUS DE LA MOSTRA	93
1.1-	Condicions inicials de la mostra	93
1.1.1-	Edat	93
1.1.2-	Antropometria	94
1.1.3-	Estadis fisiològics	94
1.1.3.1-	Cicle menstrual	94
1.1.3.2-	Estudi hormonal i del metabolisme mineral	95
1.1.4-	Ingesta de calci	97
1.1.5-	Factors tòxics	97
1.2-	Exercici físic	97
1.2.1-	Hores d'exercici físic abans de l'inici de l'estudi	97
1.2.2-	Hores d'exercici físic durant l'estudi	98

1.2.3-	Incidència lesional i dies d'inactivitat al llarg de l'estudi	99
1.3-	Massa òssia	100
1.3.1-	Massa òssia vertebral	101
1.3.1.1-	Densitat mineral òssia vertebral	101
1.3.1.2-	Contingut mineral ossi vertebral	102
1.3.2-	Massa òssia femoral	102
1.3.2.1-	Densitat mineral òssia femoral	102
1.3.2.2-	Contingut mineral ossi femoral	105
1.3.3-	Massa òssia del canell	107
1.3.3.1-	Densitat mineral òssia al canell	107
1.3.3.2-	Contingut mineral ossi al canell	109
1.3.3.3-	Massa òssia volumètrica de canell	111
1.4-	Incidència de fractures	112
2-	COMPARACIONS BASALS DELS GRUPS	114
2.1-	Antropometria i edat	114
2.2-	Estadis fisiològics	114
2.2.1-	Cicle menstrual	114
2.2.2-	Estudi hormonal i del metabolisme mineral	115
2.3-	Ingesta de calci	118
2.4-	Factors tòxics	118
2.5-	Incidència de fractures	119
2.6-	Exercici físic previ a l'estudi	119
3-	COMPARACIONS ENTRE ELS DOS GRUPS DURANT LES TEMPORADES DE SEGUIMENT	120
3.1-	Antropometria	120
3.2-	Exercici físic	123
3.3-	Massa òssia vertebral	124
3.3.1-	Densitat òssia	124
3.3.2-	Contingut mineral ossi	126
3.4-	Massa òssia femoral	127
3.4.1-	Densitat mineral òssia	127
3.4.2-	Contingut mineral ossi	132
3.5-	Massa òssia del canell	135
3.5.1-	Densitat mineral òssia	135
3.5.2-	Contingut mineral ossi	139
3.5.3-	Massa òssia volumètrica enregistrada amb TACC	142
4-	CORRELACIÓ ENTRE LA MITJANA D'HORES D'ENTRENAMENT, LA INGESTA DE CALCI I L'INCREMENT DE LA MASSA ÒSSIA	146

5-. COMPARACIÓ AL LLARG DE LES 4 TEMPORADES D'ESTUDI DE L'EVOLUCIÓ DE LA MASSA ÒSSIA DE LES JUGADORES DE BÀSQUET	151
5.1-. Evolució de la massa òssia vertebral	151
5.2-. Evolució de la massa òssia Femoral	152
5.3-. Evolució de la massa òssia del canell	156
6-. CORRELACIÓ ENTRE LA MITJANA D'HORES D'EXERCICI FÍSIC I L'INCREMENT DE LA MASSA ÒSSIA	159
6.1-. A nivell de columna vertebral	159
6.2-. A nivell Femoral	159
6.3-. A nivell de canell	162
7-. CÀLCUL DEL PERCENTATGE DE MILLORA DE LA MASSA ÒSSIA	163
DISCUSSIÓ	169
1-. DEMOGRAFIA	172
1.1-. Antropometria	172
1.2-. Estadis fisiològics	173
1.2.1-. Cicle menstrual	173
1.2.2-. Estudi hormonal i del metabolisme mineral	175
1.2.2.1-. Estudi hormonal	175
1.2.2.2-. Marcadors bioquímics de la funció òssia	175
2-. INGESTA DE CALCI	178
3-. FACTORS TÒXICS	184
4-. EXERCICI FÍSIC	185
4.1-. Incidència lesional	192
5-. MASSA ÒSSIA	193
5.1-. Massa òssia vertebral	194
5.2-. Massa òssia femoral	196
5.3-. Massa òssia del canell	198
6-. DIFICULTATS I LIMITACIONS DE L'ESTUDI	200
CONCLUSIONS	201
BIBLIOGRAFIA	205

JUSTIFICACIÓ I OBJECTIUS



1-. JUSTIFICACIÓ DE LA TESI

Cada vegada vivim més anys i, per tant, es prolonguen les necessitats d'una correcta qualitat de vida. Els ossos són de les estructures que més pateixen els efectes de la longevitat. S'espera que el nombre de fractures de maluc, relacionades amb l'osteoporosi, es dupli en els propers 20 anys, degut a l'augment de la població i de l'expectativa de vida. Segons Gro Harlem Brundtland, Directora General de la Organització Mundial de la Salut (entre 1998 i 2003), el major augment de l'osteoporosi tindria lloc en el món desenvolupat. Es podria relacionar aquest augment amb els canvis en els hàbits de vida, que suposa aquest desenvolupament, major sedentarisme, menys feines a l'aire lliure, ...

Avui en dia cada vegada es creu que té més importància prevenir el mal que tractar-lo, des d'aquesta perspectiva els hàbits que té la joventut són importants. Una de les millors mesures preventives per evitar les fractures osteoporòtiques en la tercera etapa de la vida, és la de construir ossos el més forts possibles durant la infància i l'adolescència que és quan es produeix un ràpid creixement ossi, que serà determinant en l'adquisició d'un Pic de Massa Òssia (PMO) més elevat al final de l'adolescència. Aquesta etapa es converteix en el període idoni per actuar sobre aquells factors condicionants de la massa òssia per tal d'aconseguir una major adquisició d'os. Un d'aquests factors és l'exercici físic que serà objecte d'estudi d'aquest treball.

Per obtenir els beneficis de l'exercici físic, aquest hauria d'estar dirigit cap a les àrees de l'esquelet més influenciades negativament per la malaltia com són el maluc i la columna lumbar. En esports d'alt impacte a nivell músculo-esquelètic en els que el salt és una acció tècnica freqüent, com és el cas del bàsquet, la càrrega mecànica a nivell de maluc i columna lumbar serà important i, per tant, és pot pensar que també ho seran els beneficis per la massa òssia en aquestes localitzacions.

En diferents treballs s'ha pogut constatar que esportistes d'elit i/o persones que realitzaven molt exercici arribaven a tenir diferències molt importants de massa òssia en les zones de càrrega respecte els subjectes inactius. Aquestes diferències tan importants podrien ser per un efecte acumulatiu en els esportistes,

aspecte que queda per dilucidar, ja que els estudis prospectius amb esportistes són gairebé inexistents. La valoració del paper de l'activitat física durant un període llarg, en la majoria dels casos, es valora en estudis retrospectius en el que es perd el valor en l'exactitud de la quantificació de l'exercici físic.

En aquesta tesis es valorarà la influència de l'exercici físic intensiu, i en particular de la pràctica del bàsquet d'alt rendiment, en la massa òssia de noies adolescents, amb un seguiment d'una durada de 4 temporades competitives. Dintre d'aquest seguiment, s'inclourà un estudi de cohorts, de 3 cursos de durada, en el que es podrà comparar l'evolució de la massa òssia en dos grups de noies adolescents, jugadores de bàsquet i estudiants inactives, per tal de poder verificar quin és el paper, a llarg termini, de l'activitat física vigorosa en la modificació de la massa òssia de noies adolescents.

2-. HIPÒTESI I OBJECTIUS DE L'ESTUDI

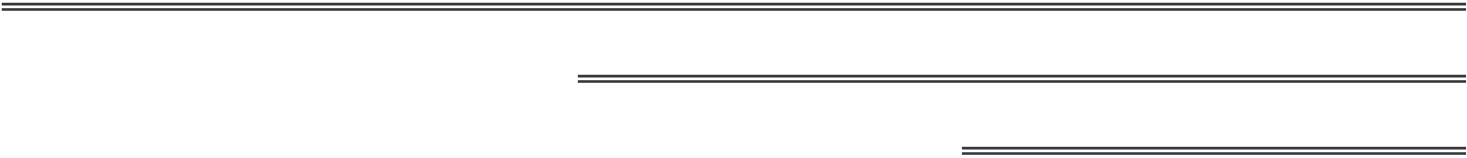
- La hipòtesi sobre la que s'ha fonamentat aquesta tesi és:

La pràctica del bàsquet d'alt nivell, i el seguiment d'un programa d'entrenament intensiu, millora la massa òssia de les noies entre els 14 i 18 anys.

- En consonància amb aquesta hipòtesi ens hem plantejat els següents objectius:

1. Establir la relació entre l'exercici físic intens i la massa òssia en noies d'entre 14 i 18 anys.
2. Conèixer si hi ha relació entre les hores d'exercici físic i l'increment de massa òssia en jugadores de bàsquet d'alt nivell d'entre 14 i 18 anys.
3. Establir les diferències en l'increment de la massa òssia, en relació al nivell d'exercici físic i la pràctica del bàsquet, en una població de noies d'entre 15 i 18 anys.
4. Analitzar si el exercici físic és un factor que pot allargar en el temps l'increment fisiològic de la massa òssia durant l'adolescència tardana.
5. Observar si l'increment de massa òssia es relaciona amb l'àrea que rep una major càrrega durant l'activitat física habitual.
6. Establir el paper de la ingesta habitual de calci i de l'exercici físic en l'adquisició òssia durant l'adolescència tardana.
7. Observar si la pràctica del bàsquet d'alt nivell s'associa amb una alteració del cicle menstrual de les jugadores.

INTRODUCCIÓ



1-. ESTRUCTURA DEL TEIXIT OSSI

1.1-. Composició de l'os

El teixit ossi és un teixit connectiu especialitzat, en què la seva composició sòlida s'adapta a les seves funcions de sosteniment i protectores. L'os proporciona forma i suport al cos, protegeix els seus òrgans interns davant de traumatismes, facilita la locomoció i l'execució de diferents moviments, necessaris per a les activitats de la vida diària, i actua com a lloc d'emmagatzement de minerals, especialment calci i fòsfor. Aquests minerals poden ser alliberats per tal de mantenir l'equilibri entre els líquids corporals. L'os, a més, proporciona medul·la òssia, imprescindible pel desenvolupament i emmagatzement de les cèl·lules sanguínies.

La composició dels ossos és diferent i està en relació a la seva funció. Podem diferenciar per una banda l'esquelet axial: que inclou els ossos del cap, (cara, hioideos, auditius), del tronc (les costelles, l'esternó i les vèrtebres) que tindria una funció més aviat protectora dels òrgans vitals; i de l'altra l'esquelet apendicular, conformat pels ossos de les extremitats, que suporten una càrrega mecànica molt important en les diferents activitats de la vida diària.

El teixit ossi està format per un dipòsit de sals minerals sobre una complexa xarxa proteica, i es compon d'un 40% de material orgànic i un 60% de components minerals. El component mineral està principalment constituït pels cations calci i magnesi i per l'anió fosfat, en forma de hidroxiapatita. La duresa de l'os es deu a les sals de calci, que formen part fonamental de la seva estructura. La matriu orgànica, també anomenada osteoide, està conformada majoritàriament per col·lagen (94%); l'altra part, o substància fonamental, està formada per líquid extracel·lular i complex carbohidratoproteïna. L'osteocalcina és la segona proteïna més abundant en els ossos després del col·lagen; es creu que influeix en la mineralització òssia, unint-se en part al component mineral de l'os, la hidroxiapatita.

L'os està conformat pels següents tipus de cèl·lules:

- Osteoprogenitores i osteògenes: cèl·lules mare, les úniques amb capacitat de divisió.

- Osteoblasts: sintetitzen les fibres de col·lagen que representen la substància fonamental de l'os. Tenen la funció de formar teixit ossi.

- Osteocits: són els osteoblasts ja incorporats a la matriu òssia calcificada i són els encarregats de mantenir viu el teixit ossi.

- Osteoclasts: són les cèl·lules encarregades de la resorció i eliminació del teixit ossi, imprescindibles per al desenvolupament, creixement, manteniment i reparació normal de l'os.

1.2-. Tipus d'os

Estructuralment l'os no és homogeni: hi podem diferenciar, per la seva diferent conformació, dos components: l'os cortical més compacte, que representa un 80% del total de la massa òssia de l'esquelet, i l'os trabecular o esponjós, que representa el 20% restant. En cada os de l'esquelet podem trobar ambdues estructures òssies diferents, l'os cortical, que constitueix tota l'estructura perifèrica i l'os trabecular, que es disposa reticularment en el seu interior. Els diferents ossos de l'esquelet presenten una proporció variable d'aquestes estructures.

L'os trabecular es situa especialment en l'esquelet axial on forma la major part del cos vertebral, i en les epífisis dels ossos llargs. Està format per unes laminetes disposades en forma de xarxa, anomenades trabècules. Dintre de cada trabècula es troben les cèl·lules que reben directament els nutrients de la sang que circula per les cavitats medul·lars (medul·la òssia vermella). Representa una superfície i una porositat quatre vegades superior a l'os cortical. La seva major superfície i la seva important perfusió sanguínia, juntament a la proximitat amb els components cel·lulars de la medul·la òssia, el fan més susceptible als canvis que el component cortical i s'estima que, metabòlicament, és 10 vegades més actiu, participant en l'homeòstasi del calci extracel·lular. L'os trabecular és més susceptible d'estar afectat per malalties o per l'administració de medicaments. Per aquests motius, la modificació en la quantitat d'os trabecular és un indicador més precís dels canvis en l'esquelet, que les variacions que experimenta l'os cortical. De les àrees valorades de forma habitual en les densitometries, les vèrtebres, la regió intertrocantèrea, i la regió distal del radi són les regions on l'os trabecular és predominant.

L'os cortical conforma la part externa i més dura dels ossos llargs i està compostat per un teixit calcificat dens, especialment resistent a les forces de compressió, com el pes corporal, i a les tensions musculars que es generen durant la contracció. La major part de l'os cortical es troba a la diàfisi dels ossos llargs envoltant la cavitat medul·lar. En acostar-se a la metàfisi o a l'epífisi, l'os cortical s'aprima i la cavitat medul·lar és substituïda per os esponjós o trabecular, el qual es caracteritza per un entramat de trabècules calcificades de poca densitat. (1). Les principals funcions de l'os cortical són estructurals i de protecció. Es mesura principalment al coll del fèmur.

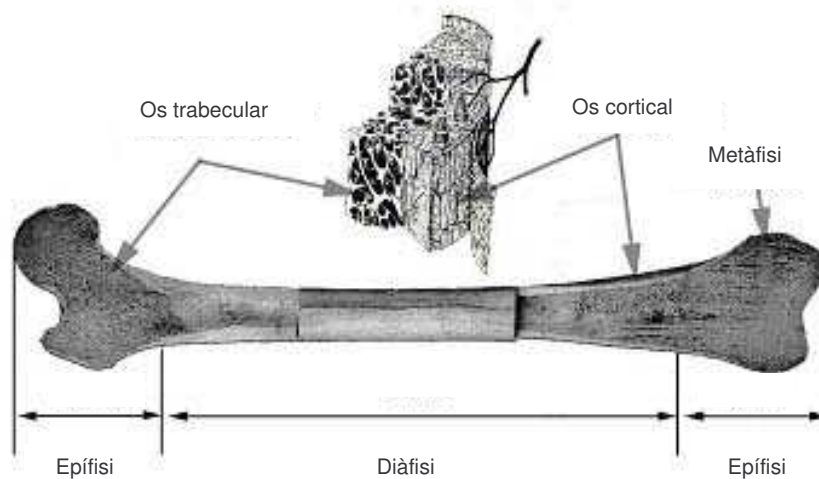


Fig. I-1. Localització de l'os cortical i trabecular en os llarg

Una diferència important entre l'os cortical i el trabecular és la diferent organització de la matriu òssia i dels elements cel·lulars. El calci constitueix entre el 80 i el 90% del volum de l'os cortical, però únicament entre el 15 i el 25% del volum de l'os esponjós.

2-. MASSA ÒSSIA

2.1-. Definició

La massa mineral òssia és un dels determinants de les propietats materials de l'os. La distribució de la massa òssia i la geometria de l'os estan en connexió amb la seva rigidesa i resistència. Es considera que la rigidesa i la resistència de l'os són funcions de la massa òssia. Encara que la massa òssia no sigui l'únic factor que influeix en la resistència total de l'os, pot ser el responsable de més del 80% d'aquesta variable (2).

L'os està format per teixit actiu que es forma i es destrueix contínuament, es a dir, que parcel·les d'os vell són destruïdes i reemplaçades per os nou per tal de mantenir les seves propietats materials.

2.1.1-. Modelatge i remodelatge ossi

Modelatge i remodelatge ossi són els processos que donen lloc als canvis en la geometria i la massa de l'os de forma fisiològica i en absència de lesió òssia.

S'entén com a modelatge ossi, aquell mecanisme pel qual s'aconsegueix la grandària i la forma final dels ossos al llarg del creixement, durant la infància i l'adolescència. Durant la vida embrionària i al llarg del creixement del nen, l'os es desenvolupa de dues formes diferents: ossificació encondral i ossificació intramembranosa. L'ossificació encondral s'anomena així en produir-se sobre un motlle cartilaginós previ. Les cèl·lules cartilaginoses emigren formant columnes orientades en funció de l'eix longitudinal de l'os, la matriu formada per aquestes cèl·lules es calcifica. Aquesta, més tard, és travessada per vasos neoformats. La penetració vascular va seguida successivament pels osteoblasts, que sintetitzen osteoide i per la calcificació de la mateixa, i pels osteoclasts que remouen el cartílag calcificat i l'osteoide mineralitzat. La calcificació intramembranosa es produeix sobre una base conjuntiva i de forma directa a partir dels osteoblasts procedents del osteoprogenitor mesenquimal. La formació òssia encondral s'atura amb el tancament epifisari (3), al que segueix un període de consolidació en què l'os cortical segueix augmentant per aposició endòstica i subperiòstica. Es tracta

d'una activitat organitzada de la cèl·lula òssia que permet el creixement de l'os i regula la seva resistència mitjançant l'activitat dels osteoblasts i dels osteoclasts situats estratègicament, encara que no adjacents (4). El modelatge millora la resistència de l'os no només perquè augmenta la seva massa, sinó perquè també expandeix els seus diàmetres exterior (periosti) i interior (endocortical).

Per remodelatge s'entén el procés cíclic que es produeix de forma focal i múltiple a cada os, que està present tota la vida i que no modifica la grandària ni la forma de l'os, i que té per funció la substitució d'os vell per nou, així com la de reparar microfractures. (3). En aquest procés continu i seqüencial es produeix la degradació i reparació de les cavitats microscòpiques de l'os. Aquest esdeveniment té lloc a la superfície periòstica i endòstica de l'os cortical i sobre la superfície de les trabècules. En el procés participen tant els osteoclasts com els osteoblasts; ambdós tipus de cèl·lules s'organitzen en grups ben definits que reben el nom d'unitats multicel·lulars bàsiques (5).

Aquest procés de remodelatge es pot veure afectat per diferents circumstàncies com poden ser els excessos i deficiències nutricionals, alteracions hormonals, hàbits tòxics, la càrrega mecànica a la qual està sotmès l'os i alguns fàrmacs, que poden fer que es moduli la pèrdua de massa òssia o que apareixin alteracions com l'osteoporosi o l'osteomalàcia.

2.1.2-. *Turnover* ossi

El *turnover* ossi (recanvi ossi) és la velocitat de formació i resorció que té lloc en un esquelet o en un os, i el balanç resultant entre ambdues funcions. El remodelatge ossi constitueix la base funcional que determina el *turnover*, i es pot definir aquest com el percentatge total d'os substituït per un període de temps determinat. El *turnover* es mesura usualment amb marcadors biològics com la excreció urinària de calci, els nivells de parathormona, la fosfatasa alcalina i altres.

En el cas que hi hagi una fractura òssia s'inicia el procés de reparació, que, a diferència d'altres teixits, es produeix per regeneració. Quan hi ha contacte directe entre els dos extrems de l'os es produeix una consolidació primària, de forma que l'os nou creix directament a través dels extrems ossis per tal de soldar la fractura. El procés de consolidació comprèn una resorció òssia pels osteoclasts,

seguida de la formació d'os nou pels osteoblasts (6). En la consolidació secundària d'una fractura es produeix la mineralització d'una matriu de cartílag i la seva substitució per os. Les tres etapes principals de la consolidació òssia, que es poden superposar, són: la fase inflamatòria (10%), la fase de reparació (40%) i la fase de remodelatge (70%) (6). D'aquesta manera podríem considerar la reparació de les fractures òssies com l'única circumstància en què hi ha guany ossi net, una vegada ja s'ha acabat el procés de modelatge.

2.1.3-. Valoració de la densitat òssia

L'absorciometria de rajos X ó absorciometria dual fotònica (DEXA) és el mètode més utilitzat en l'actualitat per a la valoració de la massa òssia, tenint en compte la seva baixa radiació (1-2mRem), la precisió, reproductibilitat (99%) i la seva capacitat de mesurar tant l'esquelet axial com apendicular. Els densitòmetres DEXA, exploren el maluc, la columna lumbar, l'avantbraç i, en molts casos, l'esquelet total. L'aparell calcula els valors de densitat mineral òssia en g/cm² (DMO), el contingut mineral ossi en g (CMO) i l'àrea (cm²). A continuació subministra els valors de referència en relació amb l'edat i el sexe.

Les tècniques actuals de densitometria han demostrat ser eines sensibles, fiables, segures i eficaces en l'avaluació del contingut mineral ossi. El seu principi comú es basa en la capacitat d'atenuació (absorció) que posseeix el teixit ossi a l'exposició a una font de radiació ionitzant. Existeix una relació exponencial entre la massa òssia i aquesta capacitat d'atenuació. A major contingut d'os present, major és la capacitat d'absorció de la radiació ionitzant, detectant-se una menor radiació en un sistema de detecció pròxim.

Per a la quantificació de la massa òssia volumètrica (expressada en g/cm³) es disposa d'una única tècnica de mesura volumètrica, que és la tomografia quantitativa computeritzada. Aquesta tècnica, a més, és l'única que permet diferenciar l'os cortical del trabecular. (7).

2.1.3.1-. Valoració de la densitat òssia en l'edat pediàtrica

La interpretació dels resultats de la densitometria en nens i adolescents, requereix d'uns valors de referència de normalitat. El software proporcionat per la majoria de fabricants de DXA no inclou una dada de referència pediàtrica per a

tots els llocs de l'esquelet. Per tant, la clínica s'ha de remetre a normes publicades i recopilades fent servir un equip similar de DXA (8). Si es té present que el creixement ossi i el període puberal haurien de ser considerats en la interpretació dels resultats de la densitat òssia (DMO), es podrà comparar els resultats obtinguts en les valoracions pediàtriques amb els valors publicats tant a nivell internacional (9-15) com nacional, on hi ha diverses publicacions amb valors de referència en diferents comunitats autònomes (16-20). El gènere i les diferències ètniques són variables que també s'haurien de tenir presents en fer aquesta interpretació (9).

2.2-. Evolució ontogènica de la densitat òssia

La mineralització de la matriu òssia s'inicia ja en el període de vida intrauterí del fetus, algunes setmanes abans del part, i s'incrementa de forma progressiva fins a la segona o tercera dècada de la vida. Aquesta mineralització creix marcadament, a nivell de tot l'esquelet, des de la infància fins l'adolescència. Algunes edats tenen una especial importància en el creixement accelerat de l'esquelet, els guanys de massa òssia es produeixen majoritàriament durant els 2 primers anys de vida i durant la pubertat (21), augmentant entre un 40 i un 60% en aquest últim període. Aquests guanys declinen ràpidament 2 anys després de la menarquia (22;23). Durant la pubertat la velocitat del desenvolupament dels ossos a nivell de columna i maluc augmenta fins aproximadament cinc vegades, Boot AM *et al.* (24), situen l'inici d'aquest increment de massa òssia a partir dels 11 anys en les noies i dels 13 en els nois.

Hi ha una gran variació en el contingut i densitat òssia en relació a factors individuals com l'edat i el sexe i la major variabilitat la trobem al final de l'adolescència. La massa òssia retarda el seu creixement en la mesura que avança l'adolescència (25) i assoleix el seu pic màxim en acabar el creixement lineal. Diversos estudis postulen que l'augment de la DMO durant el creixement segueix una trajectòria lineal positiva fins aproximadament els 20 anys (26), després dels quals s'estabilitza el pic de massa òssia (PMO) .

L'acumulació de massa òssia obtinguda durant l'adolescència tardana (22;27) es manté fins a la 3^a o 4^a dècada de la vida (27). A partir de l'edat adulta

l'os només prolifera de forma natural en el cas d'una fractura que necessita reparació.

En absència de malaltia orgànica, la dinàmica pròpia del teixit ossi, de remodelatge continu, una vegada s'ha assolit el PMO, dona lloc a un balanç negatiu de massa òssia, iniciant-se una pèrdua progressiva d'aquesta. El patró de pèrdua no està definit amb precisió, però en qualsevol cas es pot acceptar que es produeix una pèrdua més o menys uniforme, que es situaria al voltant del 0,5-1% anual. Aquesta pèrdua es fa més ostensible en la dona en el període perimenopàusic i, especialment, en els primers anys que segueixen a la menopausa. L'acceleració de la pèrdua òssia després de la menopausa pot ser d'uns 5 a 10 anys de durada, al principi dels que es pot arribar a perdre un 5-8% de massa òssia anual. Després dels 65 anys la pèrdua òssia en la dona s'alenteix i es fa lineal fins assolir, igual que l'home, un ritme de pèrdua anual d'aproximadament un 0,7%.

La involució que es produeix amb l'edat es manifesta a través d'una marcada reducció de la quantitat d'os esponjós i una disminució en l'espessor de l'os cortical. Aquests canvis disminueixen la resistència i la rigidesa òssia. Les pèrdues relacionades amb l'edat es concentren més en l'os trabecular que en el cortical. Al llarg de la vida la dona pot arribar a perdre un 50% de massa òssia trabecular i un 35% de la cortical. És per això que les fractures relacionades amb l'osteoporosi són en àrees anatòmiques on predomina l'os trabecular: maluc, columna i canell.

Cal diferenciar el comportament evolutiu de la massa òssia en funció de l'àrea d'estudi i del predomini d'os cortical o trabecular en aquestes àrees. Per mitjà de tècniques de quantificació de DMO, s'ha determinat que la massa òssia màxima s'assoleix en diferents etapes, segons l'àrea que es valora d'aquestes, la primera que s'ha vist que assoleix el Pic de Massa Òssia (PMO) és el fèmur (aproximadament als 16 anys en les noies) i després la columna lumbar (aproximadament als 18 anys), localitzacions on aproximadament a partir del 16 anys es produeix una reducció dràstica de l'acúmul de massa òssia (22). En contrapartida, en d'altres localitzacions com en el radi, crani i total del cos existeix encara un augment mínim fins els 40 anys (22;27).

Així doncs, el PMO s'aconsegueix per l'os cortical durant la quarta dècada de la vida i, per l'os trabecular s'avança cap final de la segona dècada (28).

Vist el perfil evolutiu que presenta la massa òssia al llarg de la vida, es justifica que el coneixement de la mineralització durant els primers 20-21 anys de vida sigui de gran interès. A més, serà de gran importància tenir referència dels paràmetres de normalitat de la població del nostre entorn, ja que la latitud, àrea geogràfica, hàbits de nutrició i raça influeixen en la mineralització de l'esquelet. Estudis en el nostre àmbit geogràfic, en diferents comunitats autònomes espanyoles, coincideixen a assenyalar els 4 primers anys de vida i l'adolescència com els períodes de màxim increment de la DMO, encara que augmenti de forma oscil·lant en les etapes intermèdies. Les nenes presenten uns valors més alts de DMO, respecte els nens, en els grups d'edat de 12-13 i 14-15 anys, en relació a un inici més precoç de la pubertat (19).

Per altra banda, dades obtingudes en població pediàtrica en creixement mostren que la DMO reflecteix millor els canvis en la mineralització de la matriu. El CMO es relaciona més amb la talla que la DMO que permet una millor comparació dels canvis de mineralització de la matriu òssia durant la infància i fins l'edat adulta (19;20). S'ha pogut establir, també, que hi ha una major associació entre l'increment de pes i els guanys en l'os trabecular i entre el creixement en alçada i els guanys en l'os cortical (29). Durant el creixement els guanys de massa mineral òssia es deuen principalment a un augment de la grandària òssia amb molt poc canvi en la densitat òssia, això pot fer que en etapes d'acceleració del creixement, la massa òssia ho faci a un ritme insuficient.

2.2.1-. Densitat òssia en l'adolescent

L'OMS defineix l'adolescència com l'etapa que s'inicia amb els canvis puberals i que transcorre entre els 10 i 19 anys. Es consideren dues fases, l'adolescència primerenca, 10 a 14 anys, i l'adolescència tardana, 15 a 19 anys. El ràpid increment de la massa òssia durant aquesta etapa, en la qual s'adquireix quasi la meitat de la massa òssia adulta (30) fa que aquest període sigui crític en l'establiment de la salut òssia (31-33). Tanmateix, s'ha de tenir present que els guanys en mineral ossi durant la infància i l'adolescència varia en funció del lloc de l'esquelet i del moment en què es realitza la mesura (11;32;34-36).

El temps d'adquisició de mineral ossi durant l'adolescència està més fermament vinculat al desenvolupament puberal que a l'edat cronològica (31;32).

En aquesta etapa en la que es produeixen nombrosos canvis hormonaals, sembla que l'os trabecular, més sensible a aquests canvis, serà el que es veurà més afectat. A la columna lumbar i coll femoral la densitat mineral òssia (DMO) augmenta més ràpidament en nenes, entre els 11 i 14 anys, que en nens, en els quals el moment de major increment és entre els 14 i 17 anys, reflectint l'endarreriment del començament de la pubertat en els nens (22).

S'ha vist que l'adquisició mineral òssia va per darrera del creixement lineal. En "The Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study" (25;31;37), un estudi longitudinal del creixement ossi amb nois i noies caucàsians, el pic de màxima adquisició òssia pels nois es va situar en una mitjana d'edat de 14 ± 1 anys i per les noies en una mitjana d'edat de $12,5 \pm 0,9$ anys. D'aquesta manera, la majoria de guanys ràpids en el contingut mineral ossi de tot el cos es va trobar que succeïen, aproximadament, 0,7 anys després que s'aconseguís el pic de creixement en alçada (31). A l'edat del pic de creixement en alçada (11.6 anys d'edat per les nenes i 13.5 pels nens), els adolescents tenien assolits el 90% de l'alçada de l'adult però només el 60% del CMO en la totalitat del cos, el 60% del CMO a la columna, i el 70% del CMO en el coll del fèmur en relació a l'adult. La discrepància entre grandària òssia i el contingut mineral durant el creixement de l'adolescent pot estar relacionada amb una debilitat òssia transitòria, possiblement contribuint a la més alta incidència de fractura en aquesta edat com apunten alguns autors com Blimkie CJR *et al.* (38). Un alt nivell d'activitat física durant aquest període pot ser una factor clau per l'explicació de l'increment de fractures durant l'adolescència (39).

Els guanys en DMO, durant l'adolescència, són majors a la columna i al maluc que els que hi ha a l'avantbraç o la diàfisi femoral (40). En noies s'ha pogut observar un creixement ràpid de la massa òssia en aquestes àrees fins els 15 anys, edat en la diversos autors (32;41) han vist valors de DMO i CMO comparables als de les dones adultes. El treball de Gunnes (41) va trobar que les noies assolien els valors de DMO trabecular de les adultes premenopàusiques a l'edat de 15 anys i els de DMO cortical als 16,5.

Matkovic V *et al.* (27), per altra banda, apunten que a la columna vertebral i zones proximals del fèmur, amb predomini d'os trabecular, en arribar al pic de massa òssia, que com s'ha vist s'assoleix de forma primerenca, ja s'inicia la seva involució que es compensa per l'expansió periòstica.

En contrast, la densitat òssia volumètrica augmenta a la columna però no a la diàfisi femoral (36). En els ossos llargs el creixement es produeix en longitud i àrea de secció transversal i/o diàmetre, sense que l'augment del gruix de la cortical segueixi la mateixa proporció, per tant la densitat òssia volumètrica dels ossos llargs canvia poc al llarg de la infància i l'adolescència (11;36). Així, es suggereix que els guanys en massa òssia durant l'adolescència són deguts en gran mesura a una expansió òssia. Aquests canvis de l'esquelet són importants clínicament ja que la forma i la grandària de l'os influeixen sobre la resistència òssia independentment del Contingut Mineral Ossi (42;43).

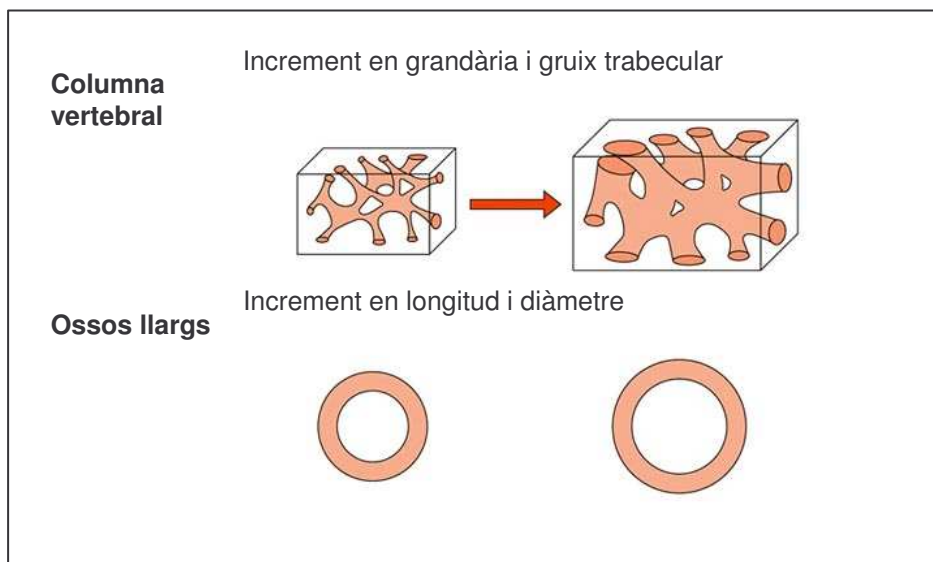


Fig. I-2 Canvis en la geometria òssia de l'adolescent.

2.2.2-. Relació entre el pic de massa òssia i la seva evolució posterior

El grau de densitat òssia de l'esquelet al llarg de la vida està en funció de la formació òssia durant el creixement i de la pèrdua que es produeixi durant els anys posteriors. El contingut mineral màxim, o PMO, aconseguit en el moment de major maduresa de l'esquelet, es converteix en un element d'importància cabdal, en actuar de banc ossi per la resta de la vida adulta (22;44). De la seva major o menor quantia dependrà quina pèrdua de massa òssia es podrà tolerar abans

d'arribar a nivells crítics de resistència òssia i a l'aparició de fractures osteoporòtiques.

Per tant, en qualsevol moment de la vida adulta, la massa òssia reflecteix l'os que s'ha anat guanyant durant els anys de creixement menys l'os que posteriorment s'ha perdut. Les teories anteriors sobre l'osteoporosi no havien considerat de forma adequada el paper de l'adquisició de l'os com a determinant del retard en l'aparició del risc de fractura osteoporòtica. Un estudi realitzat amb noies blanques de entre 9 i 21 anys (34) mostra que al voltant del 60% del PMO final de l'adult s'adquireix durant el temps de màxim creixement en l'adolescència. Només al voltant del 5% del PMO s'adquireix després dels 18 anys. D'aquesta manera, l'adolescència suposa la "finestra per l'oportunitat", on els factors genètics, dietètics, hormonals i d'altres determinen la magnitud dels guanys ossis. Al voltant del 80% del PMO està determinat genèticament, però hi ha una sèrie de factors ambientals importants a tenir en compte, que inclouen la ingesta de calci i l'activitat física habitual. Per contrapartida, l'adolescència és també la "finestra de la vulnerabilitat" quan es presta una atenció inadequada a tots aquests factors, que pot portar a una densitat òssia menor quan s'arriba a la maduració de l'esquelet. Persones que no hagin adquirit un nivell adequat de massa òssia no necessitaran perdre gaire massa òssia durant l'etapa adulta per incrementar substancialment el risc de patir osteoporosi i fractura (39).

Tanmateix, les mesures preventives no s'han de centrar només en els períodes de creixement accelerat de l'os. De fet, sembla que l'esquelet respon molt bé als canvis en el consum de calci o en el grau d'activitat física durant els anys que precedeixen al període de maduració sexual.

Petites diferències en el PMO representen grans diferències en la salut de l'esquelet posterior. Els guanys de massa òssia associats amb l'increment de la ingesta de calci o de l'activitat física suposen una modesta, però suficient, influència positiva sobre la salut de l'os. Un increment d'un 5% en el PMO redueix en un 40% el risc de patir osteoporosi al llarg de la vida (45). Increments lleugerament superiors del PMO, de fins a un 7-8%, pot significar la reducció de 1,5 vegades el risc de fractures osteoporòtiques en la tercera etapa de la vida (46).

Així doncs, assolir un PMO suficient durant els anys de creixement, juntament amb el manteniment d'aquest pic durant un temps suficient durant l'etapa adulta i amb el control de la seva involució en una etapa posterior, es

consideren com els tres factors determinants d'una bona salut òssia en la persona major (47).

2.3-. Factors condicionants de la formació òssia

El modelatge i remodelatge ossi presenten unes característiques individuals en funció de la raça i l'herència. Estan condicionats per una sèrie de factors nutricionals, mecànics i hormonals. La incidència sobre aquests factors condicionants pot predisposar a la pèrdua o a la millora i/o al manteniment, en funció de l'etapa de la vida, de la qualitat i quantitat d'os.

El pic de massa òssia, tal i com s'ha assenyalat anteriorment, és en gran part determinat per factors genètics, responsables de les variacions observades en un 60% a 80% en el mineral ossi de l'adult (48;49). Alguns factors de l'estil de vida influeixen del 20% al 40% restant.

L'activitat física en relació al pes estimula l'augment ossi, mentre que la immobilitat condueix a la pèrdua accelerada (31;50). D'entre els factors determinants de la mineralització òssia en noies i dones joves, l'activitat física es va considerar, en el treball de Uusi-Rasi (51), com l'únic factor no relacionat amb el creixement que s'associava amb un increment més important de la DMO i el CMO. De la mateixa manera Valdimarsson O *et al.* (26) van trobar que l'activitat física i la massa muscular eren els principals predictors de densitat ossia en noies entre 16 i 20 anys.

La massa corporal s'ha vist que està altament correlacionada amb la massa òssia (51-53). Addicionalment, el pes corporal ha d'actuar com una càrrega mecànica a l'esquelet (52). El component de massa magre del total del pes corporal està associat més altament amb la massa òssia que el total de massa grassa del cos (54).

El consum de calci modifica el ritme dels guanys ossis i reabsorció (55;56). Finalment, els esteroides sexuals i l'hormona de creixement contribueixen a l'augment del mineral ossi, mentre que els glucocorticoides, l'hormona tiroide, i l'hormona paratiroide en excés provoquen una pèrdua òssia (57;58).

2.3.1-. L'herència

Els treballs realitzats per tal de determinar la influència de l'herència sobre un mateix grup ètnic no són molt nombrosos, però apunten al fet que hi ha un factor genètic condicionant. Sembla, com ja s'ha indicat amb anterioritat, que una part important de la variabilitat de la DMO és atribuïble a influències hereditàries

Els factors hereditaris són els més determinants del pic de la massa òssia, justificant aproximadament del 60% al 80% de variabilitat del pic de massa òssia entre individus. Aquestes dades han estat establertes en fer la comparació entre pares i els seus fills (48;49;59) o entre bessons (60-62). Pocock *et al.* (62), en comparar la DMO de 38 parelles de bessons monocigòtics i 27 dicigòtics va trobar una major correlació en els monocigòtics en totes les àrees d'estudi, donant idea de la significativa contribució genètica.

Cal destacar, pel que fa al grup d'edat d'interès d'aquesta tesi, que l'estudi de Dequeker (61) va concloure que durant l'adolescència els factors ambientals jugaven un paper més important que els genètics en el creixement de l'os cortical.

S'han observat similituds racials, ètniques (9) i familiars en els valors de densitat de mineral ossi, suposant la contribució genètica en l'adquisició òssia. La transmissió hereditària de la massa òssia depèn de diversos gens, entre els quals es troba el gen receptor de la vitamina D, que va ser el primer en ser identificat i que, inicialment, explicaria quasi el 75% de les variacions genètiques de la DMO en bessons i en estudis amb la població general (63). S'ha vist d'altres que també tenen un paper important en el metabolisme ossi, malgrat aquesta és una àrea en què encara queda bastant camp per investigar, ja que gens que poden participar en la regulació de la massa òssia encara no han estat identificats (64).

2.3.2-. Els factors nutricionals

Els factors nutricionals són importants com a reguladors de la massa òssia, a través de diferents mecanismes proporcionen: vitamines, sals minerals de calci, fòsfor i magnesi, interaccionen amb hormones i factors locals de creixement per la mineralització i creixement de l'os i aporten nutrients energètics i plàstics necessaris per la síntesi de la matriu del cartílag i de l'os (65). La importància de la nutrició de les adolescents per la salut de l'os, són a llarg termini, ja que, segons la

revisió feta per Weaver CM *et al.* (66), contribueixen a la prevenció de l'osteoporosi postmenopàusica, mitjançant un major PMO.

2.3.2.1-. Minerals

Els dos constituents minerals més importants de l'os són el calci i el fosfat, que representen més del 90% del contingut mineral total de la massa òssia. La pobre aportació d'aquests minerals suposa un efecte deleteri sobre l'esquelet durant el creixement i també una vegada assolida la maduresa i el desenvolupament d'aquest.

Atenent a la composició mineral de l'os es podria pensar que una aportació generosa de calci i fosfat podria implicar una major massa òssia. La gran biodisponibilitat del fòsfor dietètic fa que aquest no jugui el paper de reserva biològicament indispensable que se li atribueix al calci. Tanmateix, no s'ha demostrat, de forma irrefutable, que una ingesta elevada de calci previngui la pèrdua de massa òssia ni que contribueixi a assolir un PMO més elevat, ja que trobem en la literatura estudis recents en un sentit i altre, que comentarem més endavant. El que sí que sembla és que la seva aportació insuficient pot reduir la massa òssia (67).

La quantitat neta de calci disponible pel metabolisme ossi reflecteix el balanç del consum de calci i de la seva absorció i excreció. Per tant, la insuficiència de calci pot ser deguda a una ingesta insuficient, a una mala absorció o a un augment de la pèrdua urinària d'aquest. Hi ha diferents nutrients que interfereixen en el metabolisme del calci i que podrien comprometre el calci ossi. Les dietes riques en fibra s'ha vist que comprometen l'absorció intestinal del calci i les dietes riques en proteïnes i amb sal provoquen hipercalciúria. La relació de l'excreció de sodi i calci es correlacionaria a raó de 80 mg de pèrdua de calci per cada 2,3 g de sodi urinari (68). A més, sembla que la tendència actual va cap a l'increment del consum de sodi lligat a l'augment del consum de menjars preparats, *fast foods*. Aquesta tendència mostra una especial rellevància entre la població jove i aniria en detriment del calci disponible pel metabolisme ossi.

Pel que s'ha exposat fins ara, els requeriments diaris de calci és un punt controvertit, ja que queda per contrastar quin és l'abast de la influència de tots

aquells nutrients que interaccionen en el metabolisme del calci i la fermesa de la correlació entre l'aportació de calci i la massa òssia.

S'ha de tenir present, també, que l'absorció del calci està supeditada al control hormonal, a través de l'acció conjunta i equilibrada de vàries hormones sistèmiques com la parathormona (PTH), la calcitonina i el calcitriol. El 99% del calci que es troba en l'organisme humà està en els ossos, el 1% restant està a la sang, al líquid extracel·lular i al teixit adipós. Si no s'ingereix una quantitat suficient, l'organisme es veu obligat a recórrer al calci emmagatzemat en els ossos per mantenir aquest 1% necessari pel manteniment de funcions vitals com la transmissió dels impulsos nerviosos, la contracció muscular, la coagulació de la sang o el funcionament del cor.

Tot i així, en estudis controlats s'ha pogut observar que l'increment del consum de calci en nens i adolescents produeix guanys en la densitat mineral òssia (DMO). Johnston CC *et al.* (56) en un assaig amb cegament doble de 3 anys de durada amb 45 parelles de bessons, en el que va administrar 1000mg/d de complement de calci al grup d'intervenció, va poder establir una correlació entre la ingesta de calci i un major increment de la DMO, especialment a nivell de l'os cortical. Bonjour J-Ph (55), va obtenir resultats en la mateixa línia, ja que va constatar que el benefici d'augmentar el consum de calci és major en la diàfisi dels ossos llargs, en els braços i a les cames, que a la columna, localitzacions on hi ha un predomini d'os cortical. Els augments més grans es van observar en noies en les que la dieta habitual contenia menys de 880 mg/d de calci. En el mateix sentit, Matkovic V *et al.* (69) en valorar els efectes a llarg termini de l'administració d'un complement de calci i de la seva alta ingesta habitual, van poder establir relació entre l'administració del complement de calci i una major DMO en canell i maluc, però no en la columna vertebral lumbar. Van trobar, també, que l'elevat consum làctic habitual tenia un impacte addicional en el creixement ossi i en l'expansió periòstica.

En un estudi publicat recentment, Chevalley *et al.* (70), van trobar que hi havia interacció entre l'increment de la ingesta de calci en l'etapa prepuberal i l'edat primerenca de la menarquia amb la DMO valorada durant l'adolescència (mitjana de 16,4 anys d'edat). En aquest estudi es va administrar, al grup d'intervenció, aliments rics en calci que suposaven un complement diari de 850 mg durant un any (dels 7,9 als 8,9 anys). Van trobar increments significativament

superiors de la DMO en el grup que rebia el complement de calci i que la mitjana d'edat de la menarquia estava per sota dels 13 anys. En canvi, no van trobar diferències significatives entre les noies que consumien el complement de calci o placebo, en el grup de menarquia tardana (mitjana $13,9 \pm 0,5$).

Sembla que l'esquelet respon millor als complements de calci abans de l'inici de la pubertat que després (55), malgrat que també s'han trobat beneficis de menor magnitud, en relació a l'administració d'un complement de calci de 1000 mg/d, després de la menarquia (71). Aquests beneficis es poden mantenir, com a mínim, a mig termini (72). En una segona fase de l'estudi de Bonjour (73), citat amb anterioritat (55), van tornar a valorar la densitat òssia de les noies estudiades, després de 3,5 anys d'haver deixat de consumir el complement de calci. Van poder observar que els dos grups havien tingut una ingesta de calci comparable al llarg d'aquest temps, però l'increment de massa òssia seguia sent major en el grup d'intervenció, podent intuir que la ingesta del complement de calci durant el període prepuberal pot modificar la trajectòria del creixement de la massa òssia. Aquests beneficis per l'os es poden obtenir, encara que en menor mesura, durant l'adolescència tardana, tot i que alguns autors condicionen els beneficis al manteniment dels nivells d'ingesta de calci elevats iniciats en etapes anteriors (69;74).

Els complements de calci administrats a partir d'etapes posteriors al desenvolupament puberal no semblen tenir efectes tant importants sobre la massa òssia (75;76). En aquestes etapes els beneficis de la ingesta de calci semblen estar també en relació al tipus d'os, tal i com es mostra en el treball de Winters-Stone KM *et al.* (77), que, en estudiar un grup de noies esportistes (d'entre 20 i 35 anys), van concloure que el suplement de 800 mg/d de calci sumat als 1000 mg/d d'ingesta habitual prevenia la pèrdua d'os cortical, però no la del trabecular.

La retenció de calci i els guanys de massa òssia creixen en relació al consum de calci fins assolir un llindar. Els estudis del balanç de calci indiquen que el punt màxim de convergència de retenció d'aquest mineral es situa entre els 1200 i 1500 mg/d de consum de calci (78;79). L'adquisició de mineral ossi, en relació a la ingesta de calci, sembla aconseguir els nivells més alts amb un consum de 1100 a 1200 mg/d, segons indiquen els estudis de complementació de calci (55;56). Jackman LA (80) en un treball en el que va estudiar la relació entre la ingesta i la retenció de calci en noies adolescents (sobre el rang total de 841 ± 153 -

2173±149 mg/d de Ca), va trobar que la mitjana de retenció màxima de calci va ser de 473 mg/d i, en aplicar un model de regressió no lineal, va demostrar que les ingestes de calci per sobre de 1300 mg/d no proporcionen una avantatge diferencial en quan a la retenció d'aquest mineral.

La majoria d'experts coincideixen en que el consum de calci hauria d'augmentar durant els anys més importants del creixement ossi, especialment durant la preadolescència i l'adolescència, però hi ha poc acord en relació a la quantia de calci recomanant, malgrat l'evidència dels estudis esmentats anteriorment. Les recomanacions per les nenes en edats entre els 15 i 18 anys van des de el 800 mg en el Reine Unit a 1200 mg a França i 1300 mg a Canadà i EEUU.

Queda, també, per valorar si la retenció de calci i els guanys de massa òssia, associats a una elevada ingesta de calci, es mantenen mentre es manté aquesta ingesta. En aquest sentit Nowson CA *et al.* (81) en un assaig amb cegament doble en el que es va administrar un complement de 1000 mg de calci i placebo a 42 parelles de bessons, amb una edat d'entre 10 i 17 anys, van veure que els majors beneficis per la DMO del grup que consumia el complement de calci es produïa després del primers 6 mesos d'estudi. En les següents valoracions, als 12 i 18 mesos d'intervenció no es va observar una acceleració de l'increment de la DMO en relació al consum del complement de calci. Per tant, sembla que una intervenció a llarg termini, amb un augment de la ingesta de calci, repercutiria en un manteniment dels beneficis per l'os adquirits en els primers mesos de complementació.

Cal tenir present, també, quins són els hàbits dietètics de la població adolescent, en relació a la ingesta d'aliments rics en calci. No és infreqüent que el consum diari de calci caigui per sota del nivell recomanat, especialment durant l'adolescència. En un estudi realitzat, en el nostre entorn geogràfic (82), amb 4.739 nens i nenes d'entre 0 i 18 anys, es va veure que en les nenes a partir dels 14 anys la ingesta de calci disminuïa fins a una 60% de la ingesta diària recomanada. Aquest estudi conclouïa que les alteracions nutricionals són més significatives en les nenes i adolescents i que és durant la pubertat on s'acumulen factors nutricionals de risc per ambdós sexes: dieta hiperproteica, disminució de la relació Ca/P i K/Na i ingesta de calci insuficient. S'ha vist, també, que durant

l'adolescència l'elevat consum de begudes carbonatades redueix l'increment de la DMO (83).

D'aquesta forma, assolir el consum diari de calci suposa un desafiament als hàbits dietètics d'un grup de població, com és l'adolescent, en el que el consum de productes làctics, que proporcionen a la dieta el 75% del calci consumit, és habitualment insuficient.

2.3.2.2-. Vitamina D

La vitamina D és essencial pel creixement ossi i per la salut de l'esquelet en totes les edats. Actua com hormona ajudant a l'absorció intestinal del calci consumit. També incrementa la reabsorció renal de calci i fosfat, augmentant, en definitiva, els seus nivells en sang, permetent la seva disponibilitat pels processos reparadors de l'os. La font natural de la vitamina D és l'exposició a la llum solar. Quan aquesta exposició solar no és suficient, és important complementar la dieta amb, aproximadament, 400 UI de vitamina D al dia. Si no s'assegura un subministrament normal de vitamina D, per l'exposició a la llum solar o per complement oral, es pot posar en perill la construcció d'uns ossos suficientment forts (84).

2.3.2.3-. Vitamina K

La vitamina K juga un paper molt important en les proteïnes anomenades vitamina K-depenents. D'entre aquestes, les més conegudes són les que participen en la coagulació, però també se n'han descrit tres en l'os. Una d'elles és l'osteocalcina, que es troba en el teixit mineralitzat i es sintetitza per les cèl·lules formadores de teixit ossi. S'ha suggerit que aquesta vitamina podria participar en el control de la resorció òssia i per tant, podria haver-hi una relació inversa entre la ingesta de vitamina K i la pèrdua de densitat mineral òssia.

2.3.2.4-. Proteïnes

A més del calci, les proteïnes tenen un paper clau en l'adquisició de la massa òssia. Existeix acord en que les dietes moderades en proteïnes (1-1,5 g proteïna/dia) es troben associades a un metabolisme normal del calci.

Un consum baix de proteïnes pot ser perjudicial per la integritat esquelètica, ja que baixa tant l'acció com la producció d'un factor de creixement (IGF-1) que estimula l'absorció intestinal dels elements minerals de l'os, el calci i el fosfat, per un augment de la producció renal de calcitriol, la forma hormonal de la vitamina D (84). Aquesta reducció de l'absorció intestinal del calci provoca, també, un increment dels nivells sèrics de hormona paratiroide (PTH), que com es veurà en l'apartat de factors hormonals, estimula la resorció i inhibeix la formació de l'os. Les implicacions d'aquesta situació a llarg termini no són conegudes però sembla que podria portar a un increment de la pèrdua de massa òssia.

2.3.2.5-. Refrescos

El consum de refrescos és habitual entre la població adolescent. S'ha suggerit que el seu consum excessiu, per l'alt contingut de fosfat en refrescos de cola amb gas, no permet assolir una massa òssia màxima. No hi ha una evidència científica que recolzi aquesta afirmació. És possible que la influència negativa del consum de begudes carbonatades, sobre la massa òssia, estigui en relació al seu alt contingut en sucres, que poden contribuir a incrementar les pèrdues urinàries de calci, juntament a l'associació entre el consum de refrescos de cola amb gas i el baix consum de refrescos rics en calci, que és el que s'ha anomenat com "l'efecte del desplaçament de la llet".

2.3.3-. Factors mecànics

La funció òssia de suport és una de les més destacades que té l'esquelet, en virtut de la qual suporta les càrregues mecàniques que es produeixen en les activitats de la vida diària, esportives i laborals. A la vegada aquesta acció mecànica a que està sotmès l'os, condiona la disposició estructural i el reforç mineral de les regions esquelètiques on s'apliquen les sobrecàrregues (11;85;86). L'os es remodela en resposta a les demandes mecàniques que se li apliquen, es produeix on es necessita i es reabsorbeix on no es necessita.

No es coneix bé el mecanisme de la resposta de l'os a les forces mecàniques. S'ha insinuat que aquesta resposta està controlada per un "mecanostat" que intenta mantenir en l'os una deformació òptima adaptant la seva estructura (85;87). És possible que la deformació òssia, provocada per una força

mecànica, es transformi en un senyal cel·lular. Els osteocits semblen ser les cèl·lules responsables de percebre la deformació i transmetre els senyals (88). Si la senyal es situa dintre dels límits de deformació òptims, no es produirà una resposta d'adaptació i el modelatge i remodelatge ossi assoliran un estat d'equilibri. Tanmateix, si la deformació supera o no assoleix els límits de l'interval òptim, la situació es percebrà com una sobrecàrrega o un desús. Això provocarà una resposta alterada, amb un augment o un descens net d'os per tal d'intentar reajustar les deformacions (1). La deformació és l'expressió de la diferència en longitud provocada, en aplicar la càrrega, respecte a la longitud inicial de l'os. Un "microstrain", unitats utilitzades en aquestes valoracions, equival a una deformació d'un 0,0001 %. En nens l'interval òptim de deformació es situa entre els 200 i 2000 microstrains (65).

Així doncs, els canvis en les tensions internes definits com els canvis fraccionats en la dimensió de l'os en resposta a una modificació de la càrrega, aparentment activa els osteocits, els quals alteren el delicat balanç entre la reabsorció i la formació òssia. Estudis experimentals han demostrat que els estímuls mecànics inhibeixen la funció resortiva de l'os (89), fet que podria explicar, fisiològicament, l'increment ossi que es produeix amb l'activitat física. Si s'apliquen repetidament càrregues creixents com en el cas de l'exercici físic regular, hi ha una formació d'os neta. Aquest augment de massa òssia té l'efecte de reduir la tensió interna d'una determinada càrrega, ja que la mateixa càrrega es distribueix sobre una quantitat d'os major. Això condiciona l'orientació cap a la formació de massa òssia, fins que s'assoleix un nivell de massa òssia, davant el qual la tensió es normalitza i, així, s'assolirà un balanç entre resorció i formació a un nivell més alt de massa òssia. En aquest moment la reabsorció òssia és igual a la formació òssia fins que hi hagi futurs canvis en les càrregues. Aquest aspecte del control de la massa òssia té un efecte localitzat, ja que les tensions mecàniques són molt diferents en cada una de les parts de l'esquelet, podent-hi haver pèrdues i guanys nets d'os que es produeixin de forma simultània, fins i tot en parts adjacents d'un mateix os (86;90).

Aquest procés és incomparablement més ràpid en els ossos amb predomini de teixit esponjós, així com en els subjectes joves en general (91), malgrat l'acció positiva de la sobrecàrrega mecànica, per a aconseguir un major contingut mineral, s'aconsegueix a curt termini en qualsevol grup d'edat.

Inversament a l'exercici, la immobilització exerceix l'efecte oposat sobre la massa òssia. En la persona que, per qualsevol raó, està enllitada o té immobilitzada una part del cos o les seves activitats estan molt limitades, la reposició de l'os no està afectada, però es veu superada aviat per la resorció, produint-se, com a conseqüència, una atrofia, per inactivitat, de l'os. S'ha de recordar la llei de Wolff (86), que estableix que la morfologia i la densitat òssia depèn de les forces que actuen sobre l'os; aquestes forces normals estan interrompudes durant la immobilització i en situacions sense l'efecte gravitatori, fet que incrementa la resorció òssia. L'etapa inicial és una pèrdua ràpida d'os amb reversió igualment ràpida, la segona etapa s'inicia aproximadament a les 12 setmanes d'immobilització, no obstant ser una pèrdua més lenta, té una major durada. La desmineralització de l'esquelet pot arribar fins a un 40% després d'un any d'immobilització (92). Aquest tipus d'osteoporosi per desús, per suposat, és més marcada en aquelles parts de l'esquelet que són menys utilitzades. La immobilització prolongada d'un membre, la falta de l'efecte del pes i la paràlisi poden produir una osteoporosi per inactivitat *localitzada*, limitada als ossos que no s'utilitzen.

En aquesta situació, la concentració sèrica de calci es manté normal al igual que la fosfatèmia, però, el calci, fòsfor, e hidroxiprolina urinaris estan significativament augmentats. L'excreció urinària de calci és màxima a les 7 setmanes de immobilització, i durant un període de 30 setmanes de repòs al llit, s'estima una pèrdua del 4,2% del calci corporal total. Com a conseqüència es redueix el contingut mineral ossi amb un ritme del 0,1% per setmana, disminuint paral·lelament la resistència i rigidesa dels ossos, especialment en les zones de suport de càrrega i a la columna lumbar (91).

2.3.4-. Factors hormonals

L'adquisició, manteniment i pèrdua, en determinades circumstàncies de forma accelerada, de la massa òssia estan sotmesos a la regulació hormonal. S'ha de tenir present, també, que aquest factor exerceix un control indirecte sobre la massa òssia, ja que l'absorció del calci està supeditada al control hormonal del seu metabolisme.

En aquest punt exposarem el paper de les hormones sistèmiques, l'hormona paratiroide, les hormones tiroides, la calcitonina, l'estrogen i la progesterona, en el metabolisme ossi:

- L'hormona Paratiroide (PTH): És un polipèptid de 84 aminoàcids, segregat per la glàndula paratiroide. A concentracions baixes i intermitents la PTH actua sobre l'osteoblast estimulant la formació òssia, mentre que increments bruscs de la PTH estimulen la resorció i inhibeixen la formació.

Possiblement és el factor més important en la regulació del intercanvi de calci entre la sang i els ossos. El descens dels nivells plasmàtics de calci estimula la secreció de PTH, que a la vegada incrementa el nombre i l'activitat dels osteoclasts (cèl·lules encarregades d'eliminar el teixit ossi no desitjat), fet que accelera la resorció òssia amb l'alliberació de calci dels ossos al plasma sanguini i la normalització de la seva concentració. En canvi, nivells alts de calci plasmàtic inhibeixen l'alliberació d'aquesta hormona.

La PTH impedeix, també, que s'incrementin anormalment les concentracions sèriques de fosfat, ja que augmenta la seva excreció tubular renal. Aquesta acció reguladora és important, ja que de la mateixa manera que passa amb el calci, el fosfat s'allibera cap a la sang per la resorció òssia que indueix la PTH.

- Les hormones tiroides, estimulen la resorció òssia per un mecanisme similar al de la PTH, estimulant indirectament els osteoclasts després d'actuar prèviament sobre els osteoblasts.

- La calcitonina és una hormona segregada per les cèl·lules C de la glàndula tiroides quan els nivells plasmàtics de calci són majors del normal. Té la funció de reduir la concentració de calci en sang, inhibeix l'activitat dels osteoclasts, accelera la captació de calci sanguini i accelera el seu dipòsit en els ossos. Actua principalment sobre dos dianes: els ossos i el ronyons. En els ossos, la calcitonina inhibeix l'activitat dels osteoclasts, frena, per tant, la resorció de l'os. La calcitonina té una importància primordial durant la infància i durant el creixement. Aquesta hormona no és un regulador important de l'homeòstasi del calci en els adults, però sembla que suposa una protecció contra la resorció excessiva de l'os (93).

- L'estrogen sembla ser essencial per a la normal maduració òssia i l'adquisició mineral en nenes i nens. L'estradiol, l'estrogen més important del cos, és una hormona esteroide que té nombroses i importants funcions en les dones. L'estradiol és sintetitzat i alliberat principalment per la placenta, el folícul ovàric i l'escorça suprarenal. En un estudi longitudinal, en el que es volien estudiar els factors associats a l'adquisició òssia en noies puberals, Cadogan *et al.* (54), van concloure que l'estradiol era un important determinant dels guanys ossis en les noies durant l'etapa puberal i que probablement era el responsable de la reducció del *turnover* ossi durant la pubertat tardana.

La teràpia d'estrògens dóna com a resultat la maduració esquelètica i l'augment de l'adquisició mineral òssia (94). Els andrògens també poden ser essencials per al normal augment i creixement del mineral ossi, especialment dels ossos llargs.

La progesterona és una hormona esteroide que és sintetitzada i alliberada a partir del cos luti de l'ovari, la placenta i, en petites quantitats, de les glàndules suprarenals.

2.3.5-. Factors tòxics

Són nombrosos els estudis que han constatat la influència negativa que poden tenir certs hàbits tòxics sobre la massa òssia en qualsevol etapa de la vida. El tabaquisme, el consum d'alcohol i de cafè poden repercutir en l'adquisició de la massa òssia si el seu consum s'inicia a una edat primerenca.

2.3.5.1-. Tabac

Fumar pot afectar a l'adquisició de la massa òssia, especialment quan s'associa a altres comportaments de risc per la salut, en general, i de l'os, en particular, com és la nutrició inadequada i un baix nivell d'activitat física. Tanmateix la preocupació major en relació a l'hàbit tabàquic és que el consum de cigarretes durant l'adolescència augmenta el risc de fumar de forma continuada durant l'edat adulta.

Hi ha pocs estudis que valorin la relació d'aquest hàbit amb la massa òssia durant l'adolescència; en aquest sentit el grup de Valimaki (95) va trobar una

correlació inversa entre el consum de tabac i la massa òssia en nois adolescents i, tot i que l'hàbit tabàquic i l'exercici físic també van estar inversament relacionats, el tabac es va mostrar com un predictor independent de la massa òssia en els adolescents. Aquest autor no va trobar resultats similars en les noies adolescents, probablement perquè les noies del seu estudi fumaven menys cigarretes que els nois. En el mateix sentit són els resultats del treball d'Afghani (96): no va trobar associació entre l'exposició al tabac, de forma activa i/o passiva, i la massa òssia en adolescents xineses.

El que si s'ha constatat és que en fumadors adults la massa òssia es redueix i el risc de fractura augmenta. Per tant, evitar el consum de tabac durant l'adolescència és una forma eficaç de contribuir a la salut de l'os i de prevenir altres problemes relacionats amb la salut en general al llarg de la vida (84).

Els mecanismes pels quals el tabac tindria efectes negatius sobre la massa òssia són diversos. Fumar disminueix l'absorció intestinal de calci (97), disminueix el pes corporal (97;98) en dones fumadores i pot arribar a avançar l'edat de la menopausa (99). Altres possibles mecanismes serien l'acció tòxica directa sobre l'os (100;101), alteracions en el reg sanguini del cap del fèmur (102), etc. Tanmateix, en la dona, l'efecte més important es produeix sobre el metabolisme estrogènic.

2.3.5.2-. Alcohol

L'efecte del consum de begudes alcohòliques sobre l'os sembla estar relacionat amb la quantitat d'alcohol ingerit. S'ha pogut constatar que en l'edat adulta el consum excessiu d'alcohol s'associa amb una disminució de la formació òssia (103). D'aquesta dada es podria extrapolar, tot i que hi ha poca informació sobre la influència del alcohol en la consecució de la massa òssia màxima en joves, que l'alcohol també tindria un efecte negatiu sobre el desenvolupament de la massa òssia durant l'adolescència. S'ha de tenir present que el consum excessiu d'alcohol està associat, moltes vegades, a malnutrició i consum de tabac que també tenen un efecte deleteri sobre la massa òssia de l'individu.

2.3.5.3-. Cafè

La cafeïna a altes dosis incrementa les pèrdues urinàries de calci i magnesi, en canvi la ingesta moderada no sembla tenir efectes negatius. Per tant, no hi ha evidències que la cafeïna consumida en quantitats raonables perjudiqui la massa òssia en persones joves i adultes, ja que les pèrdues urinàries de calci es compensen amb una major absorció (84).

2.4-. Marcadors bioquímics de la funció òssia

En els últims anys s'han desenvolupat diferents marcadors bioquímics de resorció i formació òssia, que han mostrat una bona correlació amb els canvis histomorfomètrics de l'os. Tenen l'avantatge de ser procediments no invasius que tenen una bona sensibilitat i especificitat en la detecció dels canvis del remodelatge ossi. El paper d'aquests marcadors està en relació a l'etapa de desenvolupament. Els marcadors bioquímics de *turnover* ossi s'incrementen de forma significativa durant la pubertat (104;105).

2.4.1-. Marcadors de formació òssia

Els marcadors de formació òssia són productes directes o indirectes de l'activitat osteoblàstica. Es divideixen en dos grups: els que mesuren l'activitat enzimàtica osteoblàstica, representats per la fosfatasa alcalina, i els pèptids sintetitzats per l'osteoblast, com l'osteocalcina sèrica.

-. Fosfatasa alcalina.

A nivell ossi, la fosfatasa alcalina és produïda per l'osteoblast. Tanmateix, la fosfatasa alcalina present en el sèrum té diferents orígens: placentari, intestinal, renal, hepàtic i ossi. D'aquests, el principal origen, que constitueix més del 90% del total, correspon als isoenzims hepàtics i ossis, en proporcions similars en subjectes adults sans. Durant el creixement, els valors sèrics de fosfatasa alcalina és tres vegades el valor normal màxim de l'adult i reflecteix el desenvolupament accelerat de l'esquelet i la seva maduració; a més l'isoenzim predominant és l'ossi. És el marcador més assequible de formació òssia

- . Osteocalcina sèrica

L'osteocalcina només es troba a l'os i, en escassa quantitat, a la dentina i plaques arterioscleròtiques calcificades. És sintetitzada per l'osteoblast i un 70%, aproximadament, de l'osteocalcina produïda és alliberada a la sang perifèrica (106). Es considera com un dels marcadors més específics de la formació òssia, reflecteix l'activitat osteoblàstica puntual, però no l'acumulada. El seu nivell sèric, de la mateixa manera que passa en el cas de la fosfatasa alcalina, no es correlaciona amb la densitat òssia. L'osteocalcina augmenta de forma lineal amb l'edat.

2.4.2-. Marcadors de resorció òssia

Els marcadors de resorció són el reflex directe o indirecte de l'activitat osteoclàstica. Entre els marcadors de resorció òssia trobem el quocient calci/creatinina urinària i els derivats del metabolisme del col·lagen, representats per la hidroxipiridolina.

- . Desoxipiridinolina urinària:

Els valors de hidroxiprolinuria han de ser ajustats segons el pes, superfície corporal, excreció de creatinina en orina i aclariment renal, per poder avaluar el *turnover* ossi. Aquests requeriments suposen, a més del manteniment d'una dieta especial abans de la seva estimació, una certa dificultat en la determinació d'aquest paràmetre. En canvi, els ponts de piridolina (piridolina i desoxipiridinolina) presenten l'avantatge sobre la hidroxipiridolina de que no és necessari realitzar una dieta especial prèvia a la seva determinació. La piridolina i, sobretot la desoxipiridinolina són bons marcadors de resorció òssia.

- . Calci / Creatinina urinària

Utilitzant el test de les dues hores de Nordin i mesurant el quocient entre el calci i la creatinina urinària, s'obté, també, el grau de resorció òssia, ja que després del dejuni realitzat, el calci obtingut en orina recent té un origen quasi exclusiu de l'os (107).

Els nivells sèrics de Fostassa Alcalina, Osteocalcina i les concentracions urinàries de Piridolina i Desoxipiridolina, assoleixen les xifres més elevades en la pubertat primerenca (104). Cadogan *et al.* (54), van trobar que els màxims nivells dels marcadors bioquímics del *turnover* ossi s'assolien uns 20 mesos abans de la menarquia, coincidint amb el pic de velocitat de creixement en alçada, però no es van mostrar com un factor predictor de la massa òssia en aquesta etapa. Mora S *et al.* (104), en el seu treball van concloure que durant la pubertat hi ha una diferent associació entre els marcadors bioquímics de formació i resorció, i els dos components de la massa òssia. Mentre que els marcadors de formació òssia estan directament relacionats amb la DMO, els marcadors de resorció estan relacionats amb la massa òssia volumètrica.

2.4.3-. Altres paràmetres bioquímics no hormonals relacionats amb la massa òssia

- . Proteïnes sèriques

Les proteïnes sèriques estan separades en dos grups: albúmina i globulines. La proteïna total és igual a l'albúmina més les globulines.

- . Albúmina sèrica:

És un factor nutricional que s'utilitza per corregir el calci sèric. L'albúmina es la proteïna de major concentració en el plasma, on transporta moltes molècules petites (com la bilirrubina, el calci, la progesterona i d'altres). També és de vital importància pel manteniment de la pressió oncòtica de la sang (és a dir, per evitar la fuga de líquids als teixits).

- . Creatinina sèrica:

La creatinina és un producte de la degradació de la creatina, aquesta és un element constitutiu important del múscul. Aquest paràmetre ens dona idea de la funció renal: quan és anormal augmenten els nivells a la sang, degut a la disminució de llur excreció en l'orina. En la valoració de la salut òssia cal demostrar que la funció renal és normal. Els nivells de creatinina també poden variar d'acord amb la talla i massa muscular de la persona.

- Calci sèric:

El calci sèric és imprescindible que es mantingui en un determinat nivell, ja que totes les cèl·lules el requereixen per a complir nombroses funcions i és especialment important en l'estructura dels ossos i l'activitat neuromuscular. Com ja s'ha esmentat en l'apartat de factors nutricionals, si disminueix el seu nivell es posen en marxa els mecanismes necessaris per recuperar aquest nivell a expenses del calci emmagatzemat a nivell ossi.

- Fòsfor sèric o fosfat inorgànic:

La major part del fòsfor del cos està combinat amb el calci a l'esquelet, però aproximadament un 15% està a la sang, a altres teixits tous i en els líquids corporals, com a ions de fosfat. El fòsfor dietètic s'absorbeix eficientment, de manera que en individus amb una dieta normal és improbable que es presenti un PO₄ baix en absència del síndrome de malabsorció.

Els nivells de PO₄ són controlats per la PTH i l'1,25-dihidroxi vitamina D. L'1,25-dihidroxi vitamina D augmenta l'absorció de calci i fosfat en l'intestí i la PTH, tal i com s'ha exposat anteriorment, impedeix que s'incrementi anormalment la seva concentració sèrica.

- Reabsorció tubular de fosfat.

La majoria del fosfat és ultrafiltrable però se'n reabsorbeix més del 85% del ultrafiltrat, fonamentalment en el túbul proximal vinculat al transport Na/K i a un cotransport Na/P. La PTH és la principal reguladora de l'eliminació final dels fosfats, inhibint la reabsorció tubular. La vitamina D té un efecte similar, però menys marcat.

3-. MASSA ÒSSIA I EXERCICI FÍSIC

Ha quedat palès que l'exercici físic és un dels condicionants de la massa òssia però s'han de tenir presents les característiques d'aquest exercici per poder-lo correlacionar amb la quantia dels beneficis. La intensitat i el tipus d'exercici tenen importants repercussions sobre la massa òssia i aquestes són específiques de la regió anatòmica principalment implicada en el treball.

3.1-. Característiques de la càrrega mecànica que influeixen sobre la massa òssia

La resposta de l'esquelet a una força depèn de la magnitud, la velocitat, la distribució i la repetició de la deformació en un determinat os.

- La magnitud de la deformació la podríem definir com el canvi, en percentatge, de la longitud de l'os que es sotmet a una força mecànica. Les activitats que provoquen forces màximes elevades, o gran magnitud de deformació, semblen influir més sobre la massa òssia que les activitats que apliquen un nombre elevat de cicles o repeticions (108;109).

- La velocitat de la deformació és la rapidesa en que aquesta apareix i s'allibera. Les deformacions ràpides són les més eficaces a l'hora d'obtenir de l'os una resposta d'adaptació màxima (110). En relació a aquesta afirmació Umemura *et al.* (111), en un treball de laboratori amb rates, van comparar l'entrenament de salt amb l'entrenament de cursa i van veure que el salt s'associava a una major velocitat i magnitud de deformació, a més de desencadenar una resposta òssia positiva amb una major eficàcia que la cursa.

- La distribució de la deformació descriu la forma en que aquesta s'ordena en una secció de l'os. Existeix la teoria que les deformacions anòmales de distribució heterogènia tenen més possibilitats d'estimular l'osteogènesi que les deformacions repetitives produïdes per les activitats quotidianes (112).

- Els cicles de la deformació expressen el nombre de repeticions de la força que canvien les dimensions de l'os amb una magnitud determinada. Malgrat es necessita un nombre mínim de cicles de força per obtenir una resposta positiva de l'os, la transcendència del nombre de cicles de deformació sembla ser menor que la velocitat o la magnitud de la deformació (113-115).

3.2-. Tipus d'exercici realitzat i la seva influència sobre la massa òssia

Pel que es desprèn de l'exposat anteriorment, les característiques de la càrrega mecànica que tenen una major influència sobre la densitat òssia són la magnitud, la velocitat i la distribució heterogènia de la deformació. L'estímul més important a nivell de l'os es produeix quan les càrregues excedeixen les habituals, sent més important la intensitat que la durada (116;117). Principalment les càrregues de distribució inusual (en relació a la versatilitat dels moviments), en alta proporció i magnitud, semblen ser particularment estimulants de l'osteogènesi si es comparen amb càrregues més lleugeres, encara que aquestes últimes s'apliquen de forma repetida (118). Així doncs, l'exercici acíclic que suposi una càrrega mecànica i/o un impacte músculo-esquelètic important, té un efecte especialment osteotròfic, tal i com s'ha pogut constatar en treballs en els diferents grups d'edat, que es referenciaran al llarg d'aquest apartat. L'exercici físic que sembla tenir un major potencial osteogènic és aquell que inclou salts no estereotipats, en diferents trajectòries.

L'activitat física de baix impacte, que implica escassa sobrecàrrega mecànica, no sembla tenir cap avantatge en la consecució d'una major massa òssia en relació a aquells grups de subjectes que no realitzen cap tipus d'activitat. L'acúmul en el temps d'activitat física de baix impacte no sembla, tampoc, tenir repercussions favorables en la massa òssia. Així ho demostren estudis que comparen la massa òssia d'esportistes de disciplines aquàtiques en relació a la de controls inactius (119-121). Per contrapartida, alguns autors com Bailey DA (122) han trobat que els valors de massa òssia de nedadors, en zones de càrrega, és fins i tot inferior de la dels controls inactius.

Cal fer menció que Matkin CC *et al.* (123), van trobar diferències de gènere en l'associació entre diversos tipus d'activitat física i la massa òssia en diferents localitzacions en una població amb un rang d'edat entre els 9 i 25 anys. En les

nenes i dones joves, només l'activitat amb càrrega del pes corporal es va correlacionar de forma positiva amb la DMO, mentre que en els homes aquesta correlació es va manifestar també en les activitats físiques en les que no hi havia càrrega del pes corporal.

Es pot acceptar, segons la literatura que es revisarà en l'apartat d'esport i massa òssia, que l'entrenament d'alt impacte proporciona un major estímul per augmentar el CMO que esports aeròbics com la natació i l'atletisme. De totes formes, tal i com apunten Alfredson H *et al.* (124), l'entrenament aeròbic es pot contemplar com una alternativa a l'exercici físic d'alt impacte (normalment de predomini anaeròbic), ja que, tot i que les conseqüències d'aquests tipus de treball, per la DMO són inferiors, es poden trobar beneficis en zones que tenen un valor clínic important com són el maluc i la columna lumbar, especialment si l'entrenament aeròbic es realitza a través d'una activitat com és la cursa que implica una càrrega vertical sobre l'extremitat inferior, en suportar el pes del propi cos. Per tant, dintre de l'amplia gama d'activitats i/o exercicis que es realitzen mobilitzant la càrrega del propi cos i que són beneficiosos per l'adquisició òssia, els d'alt impacte són els que repercuteixen en un major benefici per la massa òssia i la geometria de l'os (125).

A més, s'ha de tenir present, que l'entrenament aeròbic es realitza habitualment a través de diferents tipus de desplaçament que representen una activitat cíclica i que, per tant, no implica una distribució anòmala i heterogènia de la deformació que suposaria un major efecte osteogènic.

En un estudi realitzat en nois joves (d'entre 20 i 29 anys) es va poder constatar que l'exercici aeròbic i anaeròbic exercia efectes diferents sobre el metabolisme ossi (126). L'exercici aeròbic produïa una reducció de la reabsorció òssia, mentre que l'anaeròbic produïa una acceleració del metabolisme ossi. En contrast, Eliakim (127), va poder trobar un increment substancial dels marcadors de formació òssia durant un programa d'entrenament aeròbic de només 5 setmanes en nois adolescents. Val a dir que el programa d'exercici aeròbic seguit pels participants en el treball de Eliakim (127) era molt més exigent, ja que realitzaven dues hores d'entrenament diari, en front a l'hora d'entrenament aeròbic que realitzaven cada tres dies en l'estudi de Woitge HW (126).

Pel que respecta al tipus de contracció muscular, està ben establert que són necessàries càrregues dinàmiques per tal d'influir sobre la massa òssia (128), així doncs el treball muscular de predomini dinàmic serà el que tindrà una major repercussió sobre l'os davant del treball muscular de predomini isomètric. En l'estudi de Woitge HW (126), es va trobar, a més, que la contracció muscular excèntrica produïa un major benefici per la massa òssia que la contracció muscular concèntrica, segurament en relació a la capacitat de generar més força i, per tant, en imprimir una major deformació en la zona d'inserció muscular.

3.2.1 Influència de les activitats de salt sobre la massa òssia

Les activitats que inclouen salts semblen tenir un major potencial osteogènic, que es manifestarà principalment en aquelles etapes en les que l'organisme és més receptiu als beneficis de l'exercici físic.

Diverses proves controlades han mostrat que diferents períodes d'activitat de salt augmenten la massa i l'àrea òssia en l'edat prepuberal o peripuberal. Subjectes que saltaven tan sols alguns minuts (entre 10 i 25 minuts, segons els estudis) tres vegades a la setmana durant 7-8 mesos guanyaven més massa òssia al maluc i a la columna lumbar que altres en el grup de control (129-132). Els guanys observats en aquest període curt d'estudi es mantenen o augmenten si l'intervenció s'allarga en el temps (fins a 2 cursos escolars), amb mateixa pauta de treball (133). El període puberal i peripuberal, ofereix l'oportunitat per intervenir en la millora de la salut de l'os que contribuirà a aconseguir un increment del PMO. En aquesta etapa, especialment sensible, la inclusió de programes de salt de curta durada, fàcilment incorporables en el currículum d'educació física a l'escola, pot contribuir a incrementar els guanys ossis.

En l'etapa postpuberal, també s'observen els beneficis de programes d'exercici físic en els que es realitzen diferents activitats de salt. Witzke KA *et al.* (134), en un estudi d'intervenció de 9 mesos de durada durant els que el grup d'estudi realitzava 3 sessions setmanals de treball pliomètric durant 30'-45', van concloure que aquest tipus d'exercici durant l'adolescència també pot contribuir a incrementar el PMO, especialment a nivell del trocànter femoral. A conclusions similars es va arribar en el treball d'Arnett MG (135), amb una intervenció de 4 mesos per mitjà d'un protocol de salts en les classes d'Educació Física, que a

partir del segon mes es va realitzar amb armilles llastrades, incrementant la sobrecàrrega a raó d'un kg mensual.

Els beneficis per l'os dels exercicis de salt vertical s'han pogut constatar, també, encara que en menor quantia, en dones premenopàusiques, amb un increment de la DMO femoral de 2,8%. Tanmateix un programa equivalent d'exercicis breus d'alt impacte es va veure que no produïa beneficis en el període postmenopàusic (136).

3.2.2 Magnitud de la càrrega de treball i durada de l'exposició

En determinar la influència dels components de la càrrega d'entrenament sobre l'os, queda palès que la intensitat de l'exercici té una major relació amb la massa òssia que el volum del treball. Tot i així, és necessari plantejar-se quin és el volum de treball setmanal necessari per tal que es produeixin adaptacions a nivell de massa òssia, tenint present que sempre estarà en relació a la intensitat de la càrrega aplicada. Estudis controlats en els que es volia constatar l'eficàcia de l'aplicació d'un programa de força-resistència, van trobar que tres sessions setmanals d'uns 45 minuts si s'aplicaven durant un any eren suficients per estimular l'adaptació de l'os (137). En canvi, programes similars seguits durant menys temps (entre 20-26 setmanes) (138;139) no eren suficients per incrementar la massa òssia. En estudis d'intervenció amb diferents activitats de salt (129-132) es troben beneficis en l'aplicació d'un programa amb un volum de treball sensiblement inferior, 3 sessions setmanals d'entre 10 i 25 minuts de durada, però amb una activitat de molt alta intensitat.

Karlsson MK *et al.* (140) en un estudi amb jugadors de futbol van veure que els beneficis més grans per la massa òssia es trobaven quan la càrrega setmanal estava per sota de les 6h. d'entrenament. En el rang de 0-6 hores d'entrenament setmanal van trobar que els guanys de DMO a nivell de coll femoral eren d'un 3,3% per hora d'entrenament, en canvi per sobre de les 6h. els guanys només eren d'un 0,7% per hora d'entrenament.

Quan el volum d'entrenament setmanal és molt elevat, com pot ser amb una doble sessió diària, algun autor com Klesges RC (141), ha trobat que es produeix pèrdua òssia. Markou KB (142), en un treball en el marc del 24 Campionat d'Europa de Gimnàstica esportiva, en el que va incloure a 262 esportistes

participants (rang d'edat entre 13 i 23 anys) d'ambdós sexes, va concloure que la durada i la intensitat dels programes d'entrenaments seguits pels gimnastes atenuava l'adquisició òssia. Per tant, sembla que quan l'exercici es torna molt extenuant, els beneficis per l'os es poden veure minimitzats o fins i tot anul·lats. Massa exercici, especialment en les noies, pot tenir efectes negatius sobre el creixement ossi, especialment quan l'activitat física s'acompanya de pèrdua de pes corporal i reducció de les hormones sexuals que porten a la interrupció de la menstruació.

Per altra banda, queda per determinar, amb fermesa, quin pot ser l'efecte acumulatiu sobre l'os de l'exercici d'alt impacte, ja que els estudis controlats en la majoria de casos no supera l'any. Per tant, es difícil de determinar si després d'aquest període continuen els guanys obtinguts o es produeix un estancament en la millora. En aquest sentit cal esmentar els treballs de Nurmi-Lawton JA (143), Laing EM (144) i Gustavsson A (145) que en diferents estudis prospectius, tots de 3 anys de seguiment, van veure que es mantenien (o fins i tot milloraven) els beneficis de l'entrenament intens en disciplines d'impacte (gimnàstica esportiva, hockey gel i bàdminton).

Per altra banda, es pot arribar a intuir un benefici a llarg termini en valorar els resultats d'estudis transversals que comparen els valors de massa òssia d'esportistes de diferents disciplines, i amb diferents nivells d'impacte, amb una història prèvia d'exposició a aquest tipus de treball (120;125;146).

3.3-. Esport i massa òssia

S'ha pogut constatar en un estudi de revisió (147) de diferents treballs fets amb esportistes d'elit i persones que realitzaven molt exercici que inclogués l'entrenament de força, i en absència d'amenorrea o d'escassa nutrició, que s'arribava a assolir fins a un 10%-30% més de densitat òssia en les zones de càrrega que en els subjectes inactius. Així mateix, esportistes de disciplines en les que són freqüents els salts en diferents trajectòries, com és el cas del voleibol, bàsquet, badminton, gimnasia esportiva,... són els que obtenen un major benefici en l'increment de la massa òssia, especialment en les zones de càrrega (148-150). Aquestes diferències tan importants podrien ser per un efecte acumulatiu en els esportistes, aspecte que queda per dilucidar, ja que els estudis prospectius

gairebé no arriben als 2 anys de seguiment, amb l'excepció dels esmentats amb anterioritat.

Dintre dels esports competitius són diversos els estudis que recolzen la tesi que les disciplines que inclouen activitats d'impacte vertical, en les que s'ha de suportar el pes del propi cos són més beneficioses per la massa òssia que aquelles en les que no hi ha impacte, com la natació. En la majoria d'aquests estudis es valoren, en un moment determinat les conseqüències, per l'os, de l'exposició prèvia a un programes d'entrenament de disciplines esportives de diferent impacte. (120;149;151-154). Ja en el 1990, Risser WL *et al.* (150), al comparar la DMO d'esportistes de diferents disciplines (jugadores de voleibol, bàsquet i nedadores) i controls inactives, van poder relacionar uns majors registres de DMO amb la pràctica d'activitats esportives que suposaven impacte vertical (bàsquet i voleibol), mentre que la DMO de les nedadores no era major que la de les components del grup control, inactiu físicament.

Hi ha una gran nombre de treballs publicats que estudien les repercussions sobre la massa òssia de la pràctica de la gimnàstica esportiva (142;144;155-159). Aquesta disciplina reporta beneficis per l'esquelet axial i apendicular, tant a nivell de tren superior (158) com inferior. Tanmateix, però, els beneficis estan, a vegades, modulats per la influència negativa de programes d'entrenament molt intensius (142) i les alteracions hormonals i menstruals que ocasionalment pateixen aquestes esportistes.

Per contrapartida, s'ha pogut constatar que esportistes d'elit de disciplines aquàtiques no tenen una massa òssia més gran en les zones de càrrega que altres persones no-atletes del grup de control (120;121;151). Aquestes observacions recalquen la importància de l'alt impacte de l'activitat com a estímul per a la formació òssia.

3.3.1-. Bàsquet i massa òssia

Són diversos els estudis que inclouen el bàsquet dintre del grup d'esports d'alt impacte beneficiosos en l'estimulació de la formació òssia (120;150;152;160-164). En aquests estudis s'ha pogut constatar els beneficis de la pràctica del bàsquet per la formació òssia en les zones de càrrega (columna lumbar i fèmur proximal). El bàsquet, al igual que d'altres disciplines esportives com són el

voleibol, bàdminton, etc. inclou salts no estereotipats, en diferents trajectòries, que sembla tenir un major potencial osteogènic (153).

Tanmateix, trobem en la literatura el treball de Klesges RC (141) que argumenta que la pràctica intensiva del bàsquet pot arribar a tenir un efecte deleteri sobre la massa òssia dels seus practicants. Klesges *et al.* van trobar que els jugadors de bàsquet d'un equip de primera divisió nacional que realitzaven dues sessions d'entrenament diari tenien una disminució de la massa òssia coincidint amb els períodes d'entrenament més intensius de la temporada. En una segona temporada d'estudi, en la que els components de l'equip van rebre un complement de calci fins arribar als 2000 mg d'ingesta diària, van experimentar un increment de la seva massa òssia mantenint el mateix ritme d'entrenament. D'aquesta manera, l'estudi va concloure que la pèrdua de massa òssia estava relacionada amb el calci i que l'exercici es relacionava de forma positiva amb el CMO sempre i quan la ingesta de calci fos suficient per tal de compensar la pèrdua dèrmica que es produïa durant l'exercici.

3.4-. Efectes de l'exercici en relació a la regió òssia

La resposta de l'os a la càrrega mecànica sol ser local i no generalitzada en tot l'esquelet, existint, en aquest sentit, un cert paral·lelisme amb les adaptacions muscular derivades de l'entrenament de la força que també es manifesten a nivell local. Les activitats, amb suport del propi pes corporal, que suposen una major implicació del tren inferior, tenen una repercussió més important a nivell de columna lumbar i maluc. En contrapartida, activitats que sol·liciten de forma específica el tren superior o l'extremitat i/o costat dominant, obtenen beneficis només en aquestes localitzacions.

Hamdy RC (146) va trobar que en joves adults sans, amb un historial d'exercicis intensius de com a mínim tres anys en diferents disciplines esportives, només els que realitzaven aixecaments de pesos tenien una massa significativament major en les extremitats superiors en comparació a la resta d'esportistes que realitzaven activitats en les que no hi havia una implicació important de les extremitats superiors, com és el cas dels corredors.

Amb l'objectiu de determinar les diferències de DMO en les diverses àrees d'estudi, Lee EJ *et al.* (161), van valorar la densitat òssia, a nivell bilateral i en tot

el cos de diferents grups de dones esportistes eumenorreiques. Els esports practicats eren bàsquet, voleibol, futbol i natació, i es van comparar amb dos grups control, un de noies sedentàries i l'altra amb un nivell d'exercici físic moderat. En aquest estudi es va poder arribar a la conclusió que les diferències de DMO en les àrees d'estudi estaven en relació al tipus d'exercici realitzat. Les jugadores de bàsquet i voleibol van obtenir millors registres a nivell d'extremitat superior i inferior que els altres grups. A nivell de coll femoral, regió intertrocantèria i triangle de Ward, les jugadores de bàsquet van presentar valors de DMO significativament majors que les noies sedentàries, les de nivell d'exercici moderat i les nedadores.

En un estudi transversal amb una mostra d'esportistes de diferents disciplines (165), es va comparar la DMO de l'extremitat inferior i superior (la dominant i la contralateral), podent observar diferències en la DMO, de l'extremitat dominant i la contralateral de forma generalitzada. Aquestes diferències es feien més ostensibles en aquelles disciplines que implicaven una pràctica unilateral (tennis, beisbol, futbol) en front a les que l'activitat era més simètrica (cursa, bàsquet, voleibol). Les diferències en l'adaptació òssia entre un i altra costat, en relació a l'especificitat esportiva, augmenten en funció del nivell d'entrenament de l'esportista (166).

En estudis en els que es valoren les diferències entre la massa òssia d'una extremitat i la seva contralateral, en disciplines esportives unilaterals, com poden ser els esports de raqueta, s'ha pogut contrastar que els beneficis per la massa òssia són també unilaterals, confirmant les adaptacions específiques segons l'àrea majorment implicada en l'exercici (167). Haapasalo *et al.* (168) van trobar que aquests beneficis, a més de ser unilaterals (ja que va trobar una diferència significativa en la DMO entre l'avantbraç dominant i el no dominant en jugadores de tennis) no esdevenien clarament evidents fins el pic de creixement de l'adolescència o l'estadi III de Tanner i sempre condicionats per la durada de la carrera esportiva i la freqüència dels entrenaments.

Aquestes adaptacions òssies diferenciades entre un costat i l'altra, es fan més evidents si l'inici de la pràctica esportiva asimètrica és precoç. Kontulainen *et al.* (169) van veure que en comparar la DMO i l'estructura òssia de l'avantbraç dominant i el seu contralateral de jugadores de tennis i squash, a l'edat de 27 anys, les diferències de costat a costat eren significativament majors en les que havien iniciat la seva pràctica esportiva abans de la menarquia en relació al grup

que l'havien iniciat després. Les adaptacions específiques en relació a l'exercici depenen de l'estat de maduració òssia de la regió (170).

En diferents estudis amb esportistes que tenen disfuncions menstruals que poden repercutir de forma negativa en la massa òssia, la majoria d'autors troben que el contingut mineral ossi és normal en les zones de càrrega (columna lumbar i maluc). Es pot intuir, doncs, que la càrrega mecànica d'alguna manera compensaria, a nivell local, l'efecte deleteri sobre l'os de les alteracions menstruals i hormonal (171-173).

Han estat àmpliament documentades les repercussions de l'exercici físic en la massa òssia de les zones específiques que suporten la càrrega durant la seva pràctica. Queda per definir quines conseqüències pot tenir aquesta activitat en les zones que no reben càrrega mecànica durant l'activitat esportiva. Per intentar donar una resposta a aquesta qüestió, Magnusson H *et al.* (174) van valorar la massa òssia de la regió que rebia la major càrrega (coll femoral), una càrrega mitjana (avantbraç) i que no rebia càrrega (crani) en futbolistes de diferents nivells competitiu. Es va poder constatar que les regions amb diferent càrrega responien de forma diferent als diferents nivells d'exercici físic. La zona de càrrega tenia una DMO major en els esportistes que entrenaven més hores setmanals, no hi havia diferències en la zona de càrrega mitjana i, aquests esportistes, tenien una DMO més baixa en la zona de no càrrega.

3.4.1-. Força i massa òssia

La resposta òssia local està en relació, no només a la càrrega mecànica de cada regió específica, sinó que també es relaciona amb la força muscular. L'associació entre força muscular i massa òssia és un punt controvertit, ja que els resultats de treballs que han intentat establir aquesta associació són molt dispers.

Diversos estudis en relació a la pràctica de diferents disciplines esportives, no troben que els guanys en força muscular vagin parells als increments de la massa òssia local. En treballs com el de Alfredson H (175) i Söderman K (176), no es va trobar relació entre la força muscular a nivell de la cuixa i la DMO femoral en noies jugadores de futbol que entrenaven 5-6 hores a la setmana. El mateix grup de treball, en un estudi similar en el que van valorar l'efecte de la pràctica d'un esport d'alt impacte com és el voleibol (148) o el hockey gel (177) i la relació entre

la força muscular i la DMO local, van concloure que la DMO es relacionava amb el tipus d'activitat, però que la força muscular a nivell de la cuixa tenia poca relació amb la DMO femoral; conclusions similars a les que havien arribat en l'estudi en futbolistes. En el mateix sentit es manifesta l'estudi de Duppe H *et al.* (178) que van trobar que no es podia considerar la força muscular del quàdriceps com a un predictor independent de la DMO, en canvi si hi van trobar una correlació positiva amb el nivell d'exercici físic. Heinonen A *et al.* (179), també van concloure que un programa d'entrenament de força unilateral d'un any de durada, no proporcionava un efecte osteogènic suficient, malgrat els increments significatius de força experimentats.

D'altra banda, hi ha treballs que troben associació entre la força muscular i les adaptacions locals de la massa òssia. Duncan CS *et al.* (180;181) en un estudi transversal en el que volien establir la relació entre el tipus d'exercici, la força muscular, la massa òssia i les característiques geomètriques i biomecàniques de l'os de noies adolescents esportistes d'elit de disciplines de resistència (natació, ciclisme, triatló i atletisme), van trobar associació entre l'exercici i la força muscular amb les variables òssies de les diferents localitzacions estudiades, malgrat va ser el tipus d'exercici el principal determinant de la DMO.

En d'altres treballs sí que se'n va trobar d'associació entre la força muscular i la massa òssia. En un treball controlat en el que dos grups de remers seguien el mateix programa d'entrenament, el grup experimentat, que era capaç d'imprimir més força en cada palada, va experimentar un major increment de la DMO lumbar després de 6 mesos d'entrenament, donant suport a la teoria de que la magnitud de la força és una variable important per l'osteogènesi.

En un estudi realitzat amb joves esportistes de diferents disciplines (182) es va concloure que la força de la prensió és un dels factors determinants de la DMO radial de l'avantbraç dominant. En les valoracions fetes en un grup d'halteròfils juniors d'elit, es va trobar una correlació significativa entre la DMO i la força muscular, que explicava entre un 30 i un 65% de la variabilitat (183).

En un estudi en el que es relacionava la composició corporal regional amb la DMO de l'àrea (163) en dones esportistes de diferents disciplines, entre elles un grup de 14 jugadores de bàsquet, es va poder establir que la massa muscular regional és el millor predictor de la DMO local en front de la massa grassa. A la mateixa conclusió arriba un treball publicat recentment, realitzat en el nostre

entorn amb jugadors de futbol adolescents (184). Seria una forma indirecta de relacionar les àrees majorment sol·licitades en les diferents disciplines esportives i la força muscular i la DMO de la mateixa àrea.

Nichols DL *et al.*, en un estudi controlat (137) va arribar a la conclusió que l'entrenament de la força es pot contemplar com un potencial mètode per incrementar la massa òssia dels adolescents, en trobar que l'aplicació d'un programa de força-resistència de 30 a 45 minuts de durada, tres cops a la setmana durant 15 mesos incrementava de forma significativa la força a nivell de tren inferior i la DMO al coll femoral. Blimkie CJR *et al.* (138) en un treball, també amb noies adolescents (14-18 anys), amb una intervenció de similars característiques a l'anterior però d'una durada de només 26 setmanes van trobar que malgrat els guanys significatius de força no hi havia increments significatius de massa òssia. Similars resultats va trobar Chilibeck PD (139) que en aplicar un programa de força de dues sessions setmanals durant 20 setmanes, va veure millories en els registres de força i de percentatge muscular, però no va ser suficient per millorar la DMO i el CMO. De la valoració d'aquests estudis es podria intuir que es necessiten intervencions amb programes d'entrenament de llarga durada per tal de poder establir relació entre els guanys de força i de massa òssia.

3.5-. Efectes de l'exercici físic en la densitat òssia en relació a l'edat

Els beneficis de l'exercici físic sobre la densitat òssia es produeixen, sobretot, en les primeres etapes de la vida (185). Aquests beneficis, en el sentit d'increment de DMO, es van diluint en la mesura en que van passant els anys, podent apuntar que els guanys en DMO relacionats amb l'exercici físic són difícils una vegada s'han superat els 50 anys d'edat. Són diversos els estudis que recolzen que l'exercici físic durant la infància i l'adolescència produeix un augment de la massa òssia molt més gran que l'exercici físic realitzat durant l'edat adulta, i situen el període òptim per actuar en l'adquisició d'un PMO més elevat fins als 2 anys després de la menarquia (22).

Sembla que els majors beneficis estan en relació al manteniment d'uns hàbits físicament actius en el decurs dels anys. Quan l'exercici es manté al llarg de tota la vida, la DMO general i de maluc són entre un 5% i un 8% superiors als seus homòlegs inactius, segons els nivells de intensitat (186).

En aquest apartat es farà referència de diversos treballs que han estudiat els beneficis de l'exercici físic per la massa òssia en diferents etapes de la vida.

3.5.1-. Primera infància

Són poques les referències que es troben sobre els efectes de l'exercici físic en nens petits, la més destacada és la de "The Iowa Development Study" (187), que és un estudi transversal en el que es va examinar l'associació entre l'activitat física i la massa òssia de 368 nens preescolars (rang d'edat entre 4 i 6 anys, amb una mitjana de 5,2 anys). En aquest treball es va trobar que l'activitat física té una influència positiva sobre el creixement ossi abans de l'edat peripuberal i, per tant, abans que aquest creixement estigui modulats pel desenvolupament hormonal. En el treball de Zanker (159) es va veure que l'exercici d'alt impacte, realitzat abans dels 7 anys, és beneficiós per l'adquisició de l'os, també en aquesta etapa de la vida.

3.5.2-. Etapa prepuberal

En els prepúbbers, nombrosos estudis consultats (41;131;155;157;188-190) conclouen guanys del 2 al 4% (186) de promig de la massa òssia general, de columna i de maluc en practicants de diferents programes d'exercici físic, respecte als seus controls. Els exercicis de força i els d'alt impacte, com els salts, són el que van resultar més beneficiosos en aquest grup de població.

Tanmateix, també s'ha pogut constatar que l'exercici d'impacte amb una base aeròbica reporta beneficis per l'os dels subjectes prepúbbers. En un estudi realitzat amb nenes premenàrquiques i postmenàrquiques, que realitzaven dues sessions setmanals d'aeròbic (*steps*) complementades amb un programa de salts durant un període de nou mesos, es va veure que les premenàrquiques tenien un contingut mineral ossi significativament incrementat, en columna lumbar i coll del fèmur respecte les nenes del grup control. Al contrari en el grup de les postmenàrquiques no es van demostrar canvis significatius en el contingut mineral ossi. Per tant, l'exercici abans de la menarquia sembla més beneficiós per l'adquisició de la massa òssia que després, aquest fet passa, principalment durant el període de l'estirada puberal (191).

3.5.3-. Adolescents

En poblacions adolescents, hi ha estudis que recullen guanys de massa òssia, enregistrades amb densitometria, pels practicants d'exercici físic fins i tot superiors al 10-20%, respecte als seus controls inactius, aquests guanys estan en relació al grau de maduració i el pes corporal (24;26;31;67;123;134;192-196). Aquest període de la vida és el que presenta la millor oportunitat, no només per guanyar densitat òssia sinó també, per modificar la grandària de l'esquelet i la seva arquitectura en resposta a les càrregues mecàniques relacionades amb l'exercici físic (192).

En aquests dos grups d'edat, en l'etapa peripuberal i l'adolescència, on la participació en competicions esportives està més estesa, els joves atletes d'elit poden augmentar la grandària òssia i el contingut mineral en relació a la seva pràctica esportiva (168). No obstant, fins i tot les activitats diàries, com jocs, ball, i les classes d'educació física, poden estimular la salut òssia (31;194). En un estudi longitudinal de 6 anys de seguiment (31), "The Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study", ja esmentat amb anterioritat, van trobar que la majoria de nens i nenes actius tenien uns guanys significativament majors en el CMO de tot el cos, la columna, i el coll del fèmur durant l'adolescència, si realitzaven activitats físiques, que els seus companys inactius. La màxima correlació ($r=0,47$, amb una significació de $p<0,05$) entre activitat física i el pic de màxima adquisició de CMO va ser en les noies i a nivell de columna vertebral.

3.5.4-. Adults joves

En estudis amb adults joves d'ambdós sexes (75;123;124;146;148;175;178;192;197) sotmesos a molt diversos programes d'exercici aeròbic o amb peses, de fins a tres hores a la setmana, s'han trobat augments de la DMO respecte al grup control que varien, després dels anys, entre el 2% i el 9% depenent de la localització, durada i intensitat de l'exercici. Tanmateix, la mitjana dels guanys anuals són molt més modestes, ja que van del 1% al 3% durant el primer any d'exercici, amb guanys molt escassos, en cas d'existir, en els anys següents (92). No queda clar, en aquest grup de població, si el manteniment de l'exercici físic habitual durant varis anys produeix beneficis

continuats, acumulatius sobre la DMO, o si els efectes positius de l'exercici s'aturen després d'una resposta inicial, produint-se un estancament.

3.5.5-. Adults majors

En diferents estudis amb dones pre i perimenopàusiques, revisats per Peña A (186) que van realitzar molt diversos programes d'exercici físic que anaven des de les labors domèstiques fins a programes d'aixecament de peses, també van trobar millores en la DMO de les dones actives respecte els seus controls inactius. La majoria d'estudis van presentar guanys que anaven del 1% al 2,8%, segons l'activitat realitzada, les localitzacions de l'esquelet i els temps de durada de la intervenció, que en quasi tots estava entre els 0,5 i els 2 anys. En aquesta etapa els efectes de l'exercici físic, en el sentit d'increment de massa òssia es van diluint, fins al punt que en alguns treballs controlats no es troba un efecte significatiu sobre la DMO de la dona premenopàusica (198).

S'han publicat nombrosos estudis sobre l'efecte de l'exercici físic sobre la DMO de la dona menopàusica. Els resultats d'aquests estudis, en general, donen guanys de massa òssia més modestos que en etapes anteriors. Malgrat això, les diferències entre les dones actives i les sedentàries, moltes vegades, es van trobar en relació a una menor pèrdua de DMO de les que realitzaven exercici físic en relació a les inactives, és a dir que la diferència es produïa més per l'efecte d'estalvi que de guany. En una revisió sistemàtica d'assajos clínics, Wallace (199) va concloure que les dones postmenopàusiques actives milloraven la seva DMO en menys del 1% o al menys conservaven la seva massa òssia, mentre que els grups controls, inactius, perdien per sobre del 1% o el 2% anual. En una revisió de la Cochrane (200) sobre l'exercici com a factor preventiu i de tractament de l'osteoporosi en la dona postmenopàusica, es va concloure que, en aquest grup d'edat, tant els exercicis aeròbics com els de càrrega van ser beneficiosos per la DMO de la columna i que caminar ho va ser a aquest nivell i també a nivell de maluc.

3.5.6-. Persones majors

A la tercera edat, en assajos clínics en els que es va estudiar l'efecte de l'exercici físic, es van recollir resultats de milloria en l'equilibri, força i volum

muscular, coordinació, fatiga i qualitat de vida, encara que no sempre es van obtenir millores en la densitometria. Els beneficis derivats de l'exercici físic en aquest grup de població poden contribuir a la prevenció de fractures malgrat els beneficis, moltes vegades, no repercuteixin directament en la millorada de la quantitat de l'os.

3.6-. Interacció de l'exercici físic amb altres determinants de la massa òssia en l'adolescent

Cada un dels factors que influeix en l'augment de la massa òssia durant l'adolescència, interactua amb el altres. Els efectes positius de la càrrega mecànica estan influenciats per l'estat nutricional i hormonal, és a dir que els efectes de l'activitat física sobre la densitat òssia poden estar modulats per causes nutricionals i nivells hormonals que s'han de tenir presents en la valoració dels beneficis de l'activitat física (122). El dèficit de cada un d'aquests factors no es pot suplir amb l'excés de l'altra.

Tal i com ja s'ha exposat de forma general, les característiques de la càrrega mecànica que tenen una major influència sobre la densitat òssia són la magnitud, la velocitat i la distribució heterogènia de la deformació. Hi ha diversos estudis en població jove que recolzen la idea que l'exercici físic d'alt impacte és el que es mostra més beneficiós per l'adquisició d'uns nivells més alts de massa òssia i que aquestes adaptacions son selectives d'aquelles zones majorment implicades en l'exercici físic (201).

3.6.1-. Nutrició, activitat física i massa òssia en l'adolescent

Hi ha diferents autors que subratllen la importància de la interacció entre la dieta i l'activitat física per tal d'afavorir la salut de l'os (141;202-204). En aquests treballs es troben beneficis per la massa òssia quan es combina exercici físic i una dieta rica en calci, tant en la població adulta (204) com en l'etapa peripuberal (202;203). Tanmateix, el subministrament d'un complement de calci sense activitat física no sembla tenir repercussions sobre la massa òssia (202;204).

En un estudi en el que es volia determinar quins eren els mecanismes que regien els canvis en el CMO en jugadors de bàsquet masculins, es va relacionar el

CMO i la pèrdua de Ca per orina i suor en diferents moments de la temporada competitiva. Els esportistes van rebre diferents nivells de complementació de calci durant el segon any de seguiment i es van comparar amb els resultats del primer any, en que no s'havia administrat aquest complement. L'estudi va concloure que la pèrdua de massa òssia estava relacionada amb el calci i que l'exercici es relacionava de forma positiva amb el CMO sempre i quan la ingesta de calci fos suficient per tal de compensar la pèrdua dèrmica que es produïa durant l'exercici. (141). Per tant, s'ha de considerar que el calci per si sol no és directament causant de la salut de l'os, encara que sigui una condició necessària; les càrregues mecàniques serien el factor predominant en termes d'integritat esquelètica (205).

Són diversos els estudis en els que es valoren els efectes de la ingesta de calci i de l'exercici físic en l'increment de la massa òssia, en els que no es troba associació entre la ingesta de calci i la massa òssia i, en canvi, si es troba entre l'exercici físic realitzat i els guanys en l'os (75;163;206;207). Per l'interès per a aquest treball destaca l'estudi (163), en el que van participar esportistes adolescents de diferents disciplines esportives (entre elles, 18 jugadores de bàsquet), que van ser assignades de forma aleatòria a dos grups: no es van trobar diferències entre el grup que ingeria un complement de calci i el que va rebre el placebo. En canvi si es van trobar diferències en relació a l'activitat realitzada: les jugadores de bàsquet varen ser les que van obtenir una millora de la DMO en la totalitat del cos superior (amb un increment d'un 1,5% en 16 setmanes de seguiment) en relació a les altres participants de l'estudi.

En estudis prospectius (206;207), amb un seguiment d'entre 10 i 15 anys d'una població no esportista, en els que es tenia per objectiu establir quin era el paper de diferents factors de l'estil de vida que influïen en el desenvolupament de la massa òssia, durant l'adolescència i al principi de l'etapa adulta, van trobar que la ingesta de calci no s'associava significativament amb la massa òssia, en canvi l'exercici físic era l'element més crucial en el desenvolupament ossi de les adolescents.

En d'altres treballs, si la ingesta de calci es correlaciona amb els guanys ossis, ho fa amb menys força que l'exercici físic (208), en un estudi en el que es van seguir durant 14 anys a un grup de 581 nens i nenes per tal de veure l'efecte de la ingesta d'un complement de llet en el creixement dels nens i en la DMO i CMO del canell no dominant en arribar a l'edat adulta (20-23 anys), es va trobar en

aplicar un Model de Regressió Lineal Multivariable, que l'activitat física realitzada durant l'adolescència era la variable que explicava millor la DMO al principi de l'edat adulta.

Runyan SM (59), en un estudi familiar que tenia per objectiu descriure la relació entre la DMO i la ingesta de calci i l'activitat física en nenes que entraven al principi de l'adolescència, les seves mares (premenopàusiques) i àvies (postmenopàusiques), van trobar relació entre les característiques òssies i les variables antropomètriques, la funció menstrual, la ingesta de calci i l'exercici físic. Tanmateix els resultats van mostrar que l'exercici físic, independentment de la ingesta de calci, era el predictor més important de la DMO de les mares i filles.

Per últim, també hi ha alguns treballs que han trobat beneficis per l'os, tant de l'exercici físic com de la ingesta de calci. Stear SJ (209) en un estudi de intervenció amb complementació de 1000mg/d o placebo i amb la realització de 45' setmanals d'aeròbic per part de 144 noies adolescents d'entre 16 i 18 anys va trobar beneficis com a resultat de les dues intervencions en diferents àrees d'estudi.

Taula I-1. Treballs que han valorat l'influència de la ingesta de calci i l'exercici físic en la massa òssia de l'adolescent											
Autor	Any	Població		Tipus d'estudi	Durada estudi	Complement calci mg/d	Exercici ⁴		Resultats		
		n	edat				Tipus	Temps h/set	Correlació ingesta calci i massa òssia	Correlació exercici i massa òssia	Regressió lineal multivariable ³
Fehily	1992	581	7-9	Estudi prospectiu	14 anys ⁷	700-1500 Inclusa ingesta ²	Difs. activitats	1-7	si	si	Exercici físic
Welten DC	1994	182	13	Estudi prospectiu	15 anys	no	Difs. activitats	Difs	no	Si, en els nois	Exercici físic en nois
Friedlander	1995	127	20-35	Assaig clínic aleatori Assaig amb cegament doble	2 anys	Per sobre 1500 Inclusa ingesta ²	Programa d'exercici dirigit		si	no	
Stear SJ	2003	144	17,3±0,3	Assaig clínic aleatori Assaig amb cegament doble	15 mesos i mig	1000	aeròbic	3/4	si	si ¹	-
Runyan	2003	72	11-14	descriptiu	transversal	no	Difs. activitats	34,7±24,6 ⁶	si	si	Exercici físic
Mehlenbeck	2004	48	19-20	Assaig amb cegament doble	16 setmanes	1000	Difs. esports	Difs nivells	no	Si, amb tipus activitat	-
Lloyd	2004	80	12	Estudi prospectiu Assaig amb cegament doble	10 anys ⁸	500 a 1900 Inclusa ingesta ²	Difs. Activitats físic-esportives	Difs nivells	no	si	Exercici físic
Courteix	2005	113	premenarquia	Assaig amb cegament doble	1 any	800		7,2 ± 4		si ⁵	

1. No en tot el grup d'intervenció, només en els casos que van tenir un bon seguiment del programa.
2. Inclusa la ingesta habitual.
3. Variable que explica millor els canvis en la massa òssia.
4. Fa referència al grup que realitza exercici físic, ja que en diversos estudis hi ha un grup control sedentari.
5. Van trobar els guanys majors en el grup que combinava l'exercici físic amb el complement de calci, respecte als altres tres grups
6. La quantificació que es va fer en aquest estudi va ser de MET h/set)
7. El complement de calci es va administrar només durant els dos primers anys de l'estudi.
8. L'assaig amb cegament doble només es va realitzar durant els 4 primers anys de seguiment, entre els 12 i 16 anys.

3.6.2-. Estat hormonal de l'adolescent, activitat física i densitat òssia

Com ha quedat palès en apartats anteriors, l'estrès mecànic sobre els ossos, durant l'exercici físic, pot portar a un increment de la densitat mineral dels ossos. Tanmateix, un alt nivell d'entrenament, en quan a volum i intensitat, pot anar en detriment de l'efecte positiu per l'os, tant en homes com en dones. La regulació hormonal de la massa òssia, sembla ser la responsable d'aquest efecte deleteri sobre l'os de l'exercici físic intensiu (210;211).

Baixos nivells d'estrògens endògens, associats amb disfunció menstrual en les joves esportistes, pot portar a una reducció de la massa òssia o a impedir tasses normals d'increment. Això s'observa, generalment, quan es produeixen alts nivells d'activitat física coincidint amb privació nutricional (212) i aquest fet fa que sigui difícil de discernir la influència d'un i altre factor. Drinkwater *et al.* (211) ja van suggerir que períodes perllongats de disfunció menstrual poden tenir efectes irreversibles sobre la DMO vertebral i que la pèrdua d'os deguda a aquesta disfunció sembla ser més important en els 3-4 primers anys d'amenorrea.

En un estudi realitzat per Takada H (213) per determinar la resposta de la PTH a l'exercici anaeròbic en un grup de jugadores de bàsquet adolescents, amb una DMO dintre dels límits de normalitat, es va concloure que la secreció de PTH es suspenia transitòriament immediatament després de la realització d'un exercici màxim, metabòlicament anaeròbic, i s'estimulava durant la recuperació. Aquest increment, post-exercici de la secreció de la PTH podria tenir un efecte deleteri sobre la DMO de l'esportista.

3.6.2.1-. Disfunció menstrual y activitat física. La triada patològica de la dona esportista

La triada patològica de la dona esportista consisteix en la coincidència de tres "entitats clíniques": amenorrea, trastorns alimentaris i osteoporosi.

Amenorrea:

L'amenorrea primària fa referència a l'absència de menarquia en dones de 18 anys o majors. La menarquia és l'inici de la menstruació i, amb una certa freqüència es retarda en noies que participen en activitats físiques extenuants (214;215). Frisch (214) va proposar la hipòtesi que la menarquia es retarda 5

mesos per cada any d'entrenament intens abans de la pubertat, implicant que l'entrenament retarda la menarquia. En el treball de Malina (215), les jugadores de bàsquet, es van incloure dintre del grup d'esportistes que tenien un retard significatiu en la menarquia, en relació a les controls inactives. En un estudi realitzat en el nostre àmbit geogràfic, amb nedadores i gimnastes d'entre 8 i 16 anys es va veure que hi havia un retard significatiu en la mitjana d'edat de la menarquia de les gimnastes respecte el grup de nedadores i del grup control (216). Un altre estudi, també a la nostra demarcació geogràfica, publicat recentment (217) va trobar que l'edat òssia tenia un retard de dos anys i la mitjana d'edat de la menarquia es situava als $15 \pm 0,9$ en el grup de gimnàstica rítmica i als $13,7 \pm 1$ anys en las ballarines, en comparació als $12,5 \pm 1$ anys de les controls inactives. S'ha pogut constatar que el retard en la menarquia es relaciona amb un major risc de cicles menstruals irregulars i amb un PMO més baix (218).

L'amenorrea secundària es defineix com l'absència d'almenys tres cicles menstruals consecutius en una dona amb menstruacions establertes. Si aquesta persisteix durant més de tres anys, coincidint amb l'època de màxima formació òssia, els seus efectes solen ser irreversibles (219). Esportistes amb funció menstrual prèviament normal han declarat l'absència de la mateixa durant mesos i fins i tot anys quan han entrenat i competit de forma intensa en esports com el patinatge artístic, ballet, gimnàstica, culturisme, ciclisme i curses de fons (220).

Trastorns alimentaris:

Poden abastar una gamma molt àmplia d'alteracions, que van des de les situacions en les que no es cobreixen les necessitats energètiques de l'esportista, fins a veritables trastorns alimentaris com l'anorèxia nerviosa i la bulímia.

La pràctica d'alguns esports plantegen un risc més alt que d'altres de patir aquests trastorns, com els que classifiquen a les participants en funció del pes (ex. Halterofília, rem, taekwondo,...) aquells en que l'aspecte físic és important pels jutges (ex: gimnàstica, ballet, patinatge artístic, natació sincronitzada,...) i els esports de resistència (221).

Osteoporosi

L'osteoporosi que apareix en la triada és deguda a la carència dels substrats necessaris per mantenir la formació òssia per sobre de la resorció. Les

deficiències de calci i vitamina D, d'origen dietètic, així com la hipoestrogenèmia, poden donar lloc a una osteoporosi prematura que es sol manifestar clínicament amb fractures per sobrecàrrega o altres tipus de lesions osteomusculars recurrents. L'osteoporosi que apareix abans de la menopausa és molt difícil de tractar i és, en gran mesura, irreversible (219).

L'heterogeneïtat en l'afectació de les diferents àrees de l'esquelet, en aquestes esportistes afectes de la "triada de la dona esportista", menor en les que suporten càrregues, podria estar en relació amb les diferents respostes a l'exercici, a la càrrega (pes corporal) i al hipoestrogenisme, en forma de major o menor contingut en os cortical i trabecular (173;222). En aquest sentit, les insercions musculars sobre l'os cortical podrien fer-lo més sensible a les deformitats de l'exercici i càrrega i menys a l'hipoestrogenisme, al ser un os amb baix *turnover*. Al contrari, l'os trabecular estaria sotmès a menys deformacions i respondria menys a l'exercici i càrrega, però el seu major *turnover* el faria més sensible al hipoestrogenisme (172).

Per altra banda, nivells disminuïts de progesterona podrien contribuir a la disminució de la DMO en esportistes d'alta competició (223). Estudis realitzats amb corredores de fons que presentaven cicles anovulatoris, nivells normals d'estrògens i nivells baixos de progesterona, presentaven una massa òssia disminuïda. Això suggereix que tant els estrògens com la progesterona són importants en el manteniment de la massa òssia (224) i en l'increment de l'adquisició òssia en relació a l'exercici durant l'adolescència (225).

3.6.3-. Marcadors bioquímics de la funció òssia i exercici físic en adolescents

Els marcadors de formació òssia s'han aplicat poc en el camp de la medicina esportiva. La utilització dels marcadors del *turnover* ossi poden constituir un suport en la valoració de la influència de l'exercici físic en la massa òssia, encara que tenen la limitació de que ens donen informació en tot l'esquelet en general, i no de quines són les adaptacions locals específiques, que si es poden valorar amb la densitometria.

Les diferències en DMO dels practicants de diferents disciplines esportives, en part són degudes a les demandes específiques de l'esport i queden reflectides

en el nivells dels marcadors bioquímics de la funció òssia (226). La influència de l'exercici físic sobre el *turnover* ossi depèn del tipus d'activitat realitzada (126;127), tal i com ja s'ha esmentat en parlar de l'efecte dels diferents tipus d'exercici físic sobre la massa òssia, i de l'impacte músculo-esquelètic que reporta aquest exercici. En aquest sentit, són diversos els estudis que relacionen els valors dels marcadors bioquímics de la funció òssia amb els diferents nivells de massa òssia en funció de l'impacte de l'exercici físic realitzat (120;152;226;227).

Lima *et al.* (120) en un estudi en el que es tenia per objectiu valorar l'efecte d'activitats de diferents nivells d'impacte en el metabolisme ossi d'esportistes d'elit adolescents, van trobar uns nivells de Fosfatasa Alcalina significativament superiors en el grup d'alt impacte (6 gimnastes, 5 jugadors de bàsquet i 5 tenistes) en relació al de baix impacte (nedadors i waterpolistes) i els controls inactius. Els diferents registres de massa òssia també eren significativament superiors en el grup d'alt impacte respecte els esportistes d'alt nivell de disciplines aquàtiques i els controls.

En noies en etapa peripuberal (d'entre 9 i 15 anys) els guanys de massa òssia després d'un any d'exposició a activitats de diferents nivell d'impacte, es va trobar que eren més grans en funció de l'impacte de l'exercici i estaven relacionats amb un alt *turnover* ossi, reflectit amb uns elevats marcadors ossis (227). Creighton DL *et al.* (152), varen estudiar els marcadors de *turnover* ossi en noies esportistes joves (n=41, edat 20,7 anys) i les van distribuir en tres grups, també segons l'impacte de l'exercici realitzat. El grup d'alt impacte estava compost per jugadores de bàsquet i voleibol, el de mig per jugadores de futbol i corredores, i el d'activitat sense impacte, per nedadores. Van trobar que les participants en esports d'alt impacte, jugadores de bàsquet i voleibol, tenien uns majors registres de DMO a nivell de coll i trocànter femoral així com a nivell de tot el cos, i també van mostrar un nivell més alt de marcadors de formació òssia que les nedadores i les del grup control (no actives); en canvi no van trobar diferències en quan als marcadors de resorció. Aquest resultats poden ajudar a entendre la influència de l'exercici de diferents nivells d'impacte en el metabolisme de l'os i en el procés de remodelatge ossi.

L'abast de les conseqüències per l'os de les alteracions hormonals que acompanyen a les disfuncions menstruals en les esportistes també queden reflectides en els marcadors bioquímics de la funció òssia. En un estudi realitzat

amb corredores de fons, un grup amb amenorrea de més de 4 anys i l'altre amb cicles mensuals regulars, es va trobar que en les corredores amenorreiques, tant els marcadors de formació òssia, com els de resorció, com els nivells sèrics d'estradiol estaven disminuïts, mentre que en les corredores amb cicles regulars ambdós marcadors i els nivells sèrics d'estradiol eren normals (228;229).

Muñoz *et al.* (217) en un estudi realitzat amb ballarines de ballet clàssic i gimnastes de rítmica van trobar que els marcadors de formació òssia eren normals i els de resorció estaven elevats, a la vegada que van observar una disminució de la DMO en avantbraç dret i valors normals en columna i maluc. Aquesta disminució de la massa òssia es podria explicar, al menys en part, per un increment de la resorció òssia en una zona que no suporta una càrrega mecànica important durant la pràctica de l'exercici físic.

Jaffre *et al.* (156) van estudiar un grup de gimnastes d'elit prepuberals i van observar un augment de l'activitat resortiva de l'os i de la DMO. La coexistència de la hiperresorció òssia amb una DMO elevada implicaria un major *turnover* de l'os i dificulta la comprensió d'un increment de la massa òssia d'aquestes esportistes.

3.7-. Influència a mig i llarg termini de l'exercici físic sobre la densitat òssia

El capital ossi adquirit durant l'adolescència pot donar beneficis residuals i persistents en la DMO evidents, fins i tot, 20 anys després (155;230), sempre que es mantingui una certa activitat física habitual, que no està quantitativament prou precisada. S'ha suggerit que l'efecte d'incrementar el PMO en un 7-8%, en relació a l'exercici físic realitzat, si es manté durant l'edat adulta, pot significar la reducció de 1,5 vegades el risc de fractures osteoporòtiques en la tercera etapa de la vida (46). En la revisió publicada per Janz K (231) es considera l'increment del PMO com un element fonamental en la prevenció primària de l'osteoporosi. Els beneficis de l'activitat física intensa durant l'adolescència es manifestaven específicament en la prevenció de l'osteoporosi de l'esquelet axial (230).

"The Amsterdam Growth And Health Longitudinal Study" (192) va concloure que l'exercici físic habitual, realitzat durant l'adolescència i en l'inici de l'etapa adulta, tenia beneficis a mig termini, ja que es va correlacionar de forma significativament positiva amb la DMO lumbar i del coll femoral a l'edat de 28 anys. Hara S (232), en la mateixa línia, va concloure en el seu estudi que el

manteniment de l'exercici físic iniciat en l'edat escolar, especialment si aquest és d'alt impacte, està relacionat amb una massa òssia més elevada a mig termini. En canvi, els guanys obtinguts en relació a l'exercici iniciat en etapes posteriors, en dones premenopàusiques sembla que van remetent una vegada s'abandona l'exercici (233).

En diversos estudis realitzats amb ex-esportistes s'ha pogut determinar que els beneficis per l'os adquirits durant els anys de pràctica esportiva tenen la seva repercussió en el decurs dels temps. Aquests beneficis estan en relació al tipus d'exercici realitzat, ja que sembla que esportistes que practicaven esports considerats d'alt impacte a nivell músculo-esquelètic mantenen l'avantatge, respecte als que realitzaven activitats de baix impacte. Així mateix, es mantindrien les adaptacions locals, ja que els beneficis perdurarien en les àrees específicament implicades en els diferents tipus d'activitat. El manteniment, al llarg del temps, de la pràctica d'exercici físic de forma regular, tindria un efecte potenciador d'aquests beneficis.

Dook JE *et al.* (234) en el seu treball van estudiar la DMO de dones ex-esportistes, d'entre 42 i 50 anys, amb un historial de més de 20 anys de pràctica esportiva competitiva. Van distribuir la mostra en quatre grups: 1) que havien realitzat un esport d'alt impacte a nivell músculo-esquelètic com és el bàsquet o el voleibol; 2) esports d'impacte mitjà com la cursa i el hockey herba; 3) esports sense impacte com la natació i 4) controls inactives. Les del primer grup van presentar una DMO significativament major a nivell total i de tren inferior respecte les que realitzaven esport sense impacte i les del grup control. Les que realitzaven esports amb un nivell d'impacte músculo-esquelètic mitjà van tenir millors resultats que les inactives. Per tant, les ex-esportistes conservaven una major massa òssia en relació a les dones que no tenien antecedents de pràctica esportiva.

Etherington J *et al* (235), en un altra estudi, compara 83 ex-esportistes d'elit de 40 a 65 anys (67 corredores de mig-fons i fons i 16 tennistes) amb 585 controls. Es va mesurar la DMO, amb DEXA, a nivell lumbar, coll femoral i avantbraç. Segons el nivell d'activitat es van dividir en 4 grups: 1) ex-esportistes, 2) controls actives amb més d'una hora d'exercici al dia, 3) controls amb poca activitat i 4) controls inactives amb menys de 15 minuts d'activitat a la setmana. Després dels ajusts per edat, pes, alçada i hàbit tabàquic es va trobar que les ex-esportistes tenien una major DMO que les controls, fins a un 8,7% a nivell de columna lumbar

i un 12% en el coll femoral. Per tant es podria afirmar que els beneficis de l'exercici persisteixen després d'haver abandonat l'esport competitiu. Dintre dels grups de ex-esportistes caldria diferenciar els beneficis en relació a l'activitat física realitzada; d'aquesta forma les tennistes tenien un 12% més de DMO en la regió lumbar i un 6,5% a nivell femoral que les corredores i superior en el seu avantbraç dominant respecte el contralateral, podent extrapolar que les adaptacions específiques de l'activitat esportiva realitzada també es mantenen en el temps. Així mateix, el grup de les controls actives físicament, també tenien una DMO superior que les seves homòlogues inactives; les controls d'un nivell més baix d'activitat tenien valors intermedis de DMO, podent concloure que el manteniment d'un cert nivell d'exercici físic també s'associa amb un increment de la DMO en la població normal.

En relació al manteniment de les adaptacions locals, els treballs de Kontulainen *et al.* (236;237) van trobar que les diferències en el CMO del avantbraç dominant i no dominant de tenistes adults joves, es mantenia després de 4-5 anys d'haver disminuït significativament el seu nivell d'entrenament i que aquest manteniment era independent de l'edat en que s'havia iniciat la pràctica esportiva. Duppe H *et al.* (238), en un estudi amb jugadores de futbol, també va trobar que es mantien les adaptacions locals de la massa òssia i va poder establir que aquest manteniment no tenia relació amb el nivell d'entrenament.

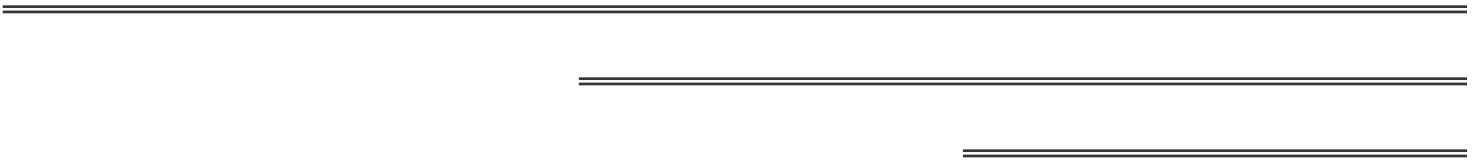
Els guanys en la massa òssia durant el creixement, relacionats amb l'exercici físic, especialment abans de la menarquia, han estat prou documentats en el decurs d'aquesta introducció. Tanmateix no hi ha gaires referències del manteniment d'aquests guanys a curt termini, dintre de la mateixa etapa de creixement. Per tal d'il·lustrar aquest aspecte, Kontulainen *et al.* (169) van avaluar els beneficis d'un programa de multisalts, i el seu manteniment després d'un any d'haver finalitzat aquest programa, en un grup de 50 noies amb una mitjana d'edat de 12,8 anys que es van comparar amb un grup control d'edat similar. Van trobar que els guanys de massa òssia a nivell de columna lumbar era d'un 3,6% majors en el grup d'intervenció, diferència que arribava a la significació estadística i que augmentava fins a un 4,9% després d'un any d'inactivitat. Les diferències a nivell de massa òssia femoral no van ser significatives. En un treball de similars característiques Fuchs RK *et al.* (239), també van poder constatar el manteniment de les adaptacions en el CMO del coll femoral després de 7 mesos d'inactivitat a

continuació de l'aplicació d'un programa de multisalts de 7 mesos de durada. En un estudi prospectiu amb aquest grup de població, publicat recentment (240) es va poder establir que l'activitat física en el període postpuberal esta associada amb el manteniment, després de 5 anys, del nivells elevats de DMO aconseguits en l'etapa pre-puberal. Val a dir que la població estudiada, és una població no esportiva que va seguir uns programes d'activitat poc exigents en quan a la dedicació horària setmanal.

Per contrapartida, trobem també alguns estudis en els que no s'ha pogut constatar el manteniment dels beneficis de l'exercici físic per la massa òssia. Gustavsson A *et al.* (241), en un estudi de seguiment de 6 anys, van observar com la pràctica del hockey gel incrementava de forma significativa la DMO femoral en nois adolescents, aquests guanys remetien ràpidament una vegada acabada la seva carrera esportiva, arribant a la conclusió que els guanys en la DMO durant la infància i l'adolescència no prevenen l'osteoporosi en etapes posteriors de la vida, a nivell de coll femoral, a no ser que es mantingui l'activitat física. Lehtonen-Veromaa (242) també va veure una disminució important de la massa òssia de corredores i gimnastas, un any després d'haver abandonat la seva activitat esportiva.

Ha quedat palès que l'adolescència és una etapa sensible per l'adquisició òssia, en la que la influència dels diferents factors condicionants de la massa òssia arriben al seu màxim exponent. Aquest període ofereix l'oportunitat immillorable per incidir en l'adquisició d'un PMO més elevat, que tindrà la seva repercussió en la salut òssia d'etapes posteriors. L'exercici físic ha mostrat ser un dels principals condicionants d'una major adquisició òssia durant l'adolescència, beneficis que es conserven en el decurs del temps, especialment si es mantenen uns hàbits de vida físicament actius.

SUBJECTES I MÈTODES



1-. PLANTEJAMENT METODOLÒGIC

Hem utilitzat un estudi de cohorts prospectiu en el qual les subjectes es van assignar al grup d'estudi en funció de l'exposició a un programa d'exercici físic intensiu que correspon a la pràctica del bàsquet d'alt rendiment. Tot i que la doctoranda va participar en la intervenció i va controlar el factor d'estudi, les jugadores participants en la cohort d'estudi haurien estat exposades d'igual forma a aquest programa intensiu. La intervenció no depenia de l'estudi, s'hauria realitzat d'igual forma, és per això que es considera aquest estudi com un estudi de cohorts. Aquest tipus de disseny va permetre tenir una informació detallada, precisa i objectiva de l'exposició durant tot l'estudi.

Es va utilitzar una cohort de comparació externa, formada per noies que tenien la mateixa edat, estudiants d'un Institut d'Ensenyament Secundari (I.E.S.) proper al centre on estudiaven i entrenaven el grup de jugadores de bàsquet. En aquest grup d'estudiants totes les participants realitzaven poc exercici físic regular fora de les hores d'Educació Física a l'Institut, no hi va haver cap jugadora de bàsquet, encara que fos d'un nivell més baix.

Es va realitzar un seguiment durant un període de 4 anys de cada una de les components del grup d'estudi (jugadores de bàsquet) i de 3 anys de les components del grup control (estudiants). Les mesures es van prendre en cada una d'aquestes temporades. Així doncs, cal diferenciar l'estudi del seguiment de l'evolució de la massa òssia de les jugadores de bàsquet al llarg d'un cicle d'entrenament quadrienial en el marc de l'alt rendiment esportiu i l'estudi comparatiu de l'evolució de la massa òssia d'aquestes jugadores i del grup d'estudiants que es va agafar com a control.

Es tracta d'una cohort dinàmica, ja que les subjectes es van anar incloent en la mesura en què progressava l'estudi, es a dir, en la mesura en què es van anar identificant. La data d'inclusió no va ser la mateixa per cada subjecte.

El seguiment en el temps no es va dur a terme de forma simultània, sinó que es va anar captant el grup de jugadores de bàsquet durant 3 temporades

consecutives, de tal forma que es va incloure l'últim grup quan el primer estava en la penúltima temporada de seguiment. Totes les components del grup d'estudiants es van incloure simultàniament, coincidint en el temps amb l'última generació de jugadores de bàsquet estudiades.

2-. SUBJECTES

Es va incloure en l'estudi 22 voluntàries sanes, que es van dividir en subjectes objecte d'estudi i grup control en funció del seu ingrés en un programa d'entrenament d'alt rendiment. Totes elles varen participar de forma voluntària i el seu pare o tutor va signar el consentiment informat, en ser menors d'edat, en l'inici de l'estudi.

3-. CRITERIS D'INCLUSIÓ I D'EXCLUSIÓ

3.1-. Criteris d'inclusió

3.1.1-. Per al grup d'estudi o grup d'esportistes

- Noies que durant el curs acadèmic en què es van incloure en l'estudi havien de cursar el tercer curs d'Ensenyament Secundari Obligatori (E.S.O.) i/o tenien l'edat corresponent a aquest curs.
- Haver estat seleccionades per formar part del Programa Segle XXI.
- No complir cap dels criteris d'exclusió.

3.1.2-. Grup control o grup d'estudiants

- Noies que durant el curs acadèmic en què es van incloure en l'estudi havien de cursar el quart curs d'E.S.O i tenien l'edat que correspon per aquest nivell d'ensenyament.
- No estar seguint un programa d'exercici físic que superi les 6 hores d'activitat setmanal. Aquest nivell d'exercici físic correspondria a la classe I (sense activitat a part de les hores d'Educació Física escolar) i classe II (realització de 3 a 5 hores d'exercici físic extraescolar) de la classificació utilitzada per Kröger *et al.* (35).
- No complir cap dels criteris d'exclusió.

3.2-. Criteris d'exclusió

- Patir malalties endocrino-metabòliques que puguin alterar el metabolisme mineral i ossi.
- Antecedents de gastrectomia o mala absorció.
- Antecedents d'ingesta de fàrmacs com corticoesteroides o anticonvulsions per un període de temps superior a 6 mesos en

qualsevol període, i en cap quantitat en els últims 6 mesos abans d'entrar en el programa.

- Tractaments previs, realitzats durant almenys 6 mesos en qualsevol període, que siguin capaços d'alterar el metabolisme mineral i ossi, i en cap quantitat en els últims 6 mesos.
- Consum d'alcohol per sobre de 20g/dia
- Consum de tabac per sobre de 10 cigarretes dia
- Consum de cafeïna per sobre de 3 tasses/dia
- Alteracions a nivell de columna lumbar que no permetin la medicació de la massa òssia en almenys dues vèrtebres compreses entre L1 i L4.

4-. MOSTRA, MOSTREIG I MARC DE L'ESTUDI

4.1-. Mostra i tipus de mostreig

Les components del grup d'estudi es varen incloure en la mesura que complien el criteris de selecció, utilitzant un mostreig consecutiu, que és un tipus de mostreig no probabilístic. Això va fer que les components d'aquest grup s'anessin captant durant tres temporades consecutives.

Les components del grup control es van incorporar a l'estudi com a voluntàries. Es va oferir la possibilitat de participar en l'estudi a noies que cursaven els seus estudis de tercer d' E.S.O., per incorporar-se a l'estudi en l'inici del curs següent, en un institut de Secundària. Es va proposar la participació a noies que presentaven un bon expedient acadèmic, un perfil participatiu en les activitats del centre, per tal de facilitar la continuïtat en l'estudi, i que complien amb els criteris d'inclusió. Es va incloure en l'estudi un control per cada jugadora d'una generació.

4.2-. Marc de l'estudi

Les components del grup d'estudi eren jugadores de bàsquet, seleccionades per formar part del programa Segle XXI. Es tracta d'un programa d'alt rendiment, d'àmbit nacional, que beca les jugadores que considera que tenen una major projecció per formar part d'aquest equip. El grup de Segle XXI està compost per 20-22 jugadores de 4 generacions diferents, d'edats entre els 13-14 i 17-18 anys, que ingressen en el programa en la temporada en què cursaran 3er d'ESO i tenen possibilitat de mantenir la beca durant 4 temporades i/o cursos escolars consecutius, en els quals es completa el seu període de formació. Degut a la possibilitat que alguna jugadora no acabés el cicle formatiu, si el seu rendiment acadèmic-esportiu no era l'adequat, es va plantejar que si es produïa la pèrdua d'alguna jugadora per no renovació de la beca, aquesta pèrdua es tractaria com un *missing value* en el temps.

El nombre de jugadores, per generació, que formen part del programa Segle XXI sol oscil·lar entre 4 i 6. Per a l'estudi es va anar captant les

jugadores en el moment del seu ingrés en el programa durant 3 temporades consecutives.

El grup de Segle XXI està en règim intern en un residència d'esportistes, durant tota la temporada de competició. Aquest fet possibilita que la mostra sigui molt homogènia, en relació a determinades variables, i que presenti unes condicions privilegiades per al seu estudi.

Les components del grup control eren voluntàries que cursaven els seus estudis en un I.E.S. del Baix Llobregat.

5-.DEMOGRAFIA

5.1-. Característiques antropomètriques

En cada una de les temporades de seguiment es va enregistrar la talla en centímetres, utilitzant un medidor Harpenden Stadiometer, i el pes en kilograms. Les mesures van ser preses per les persones encarregades de realitzar els estudis de valoració de la densitat òssia.

A partir d'aquestes dades es va calcular l'Índex de Massa Corporal (IMC) segons la fórmula que segueix:

$$\text{IMC} = \text{pes (kg)} / [\text{talla (m)}]^2$$

5.2-. Cicle menstrual

5.2.1-. Menarquia

Es va fer el registre de l'edat de la primera menstruació. El registre de l'edat de la menarquia es va fer a partir de les dades recollides en l'anamnesi (Història Clínica del Centre d'Estudis d'Alt Rendiment Esportiu (C.E.A.R.E.)) i/o de l'entrevista amb cada una de les participants en l'estudi.

5.2.2-. Alteracions en la menstruació. Amenorrea

Es considera com amenorrea la falta de menstruació durant un cicle menstrual, és a dir, la falta de menstruació durant 56 dies (aquesta dada es correspondria a un mes d'amenorrea).

5.2.2.1-. Amenorrea prèvia a l'inici de l'estudi

Aquesta dada es va treure de l'entrevista amb cada una de les participants, en recollir les dades per l'anamnesi.

5.2.2.2-. Amenorrea durant l'estudi

Per fer el registre de l'amenorrea en el decurs del seguiment es va donar, a cada una de les participants en l'estudi, un calendari anual on havien

de marcar tots els dies en què tenien la menstruació. Es van introduir totes aquestes dades en un full de càlcul per tal de veure la durada dels cicles i la durada de la menstruació i així poder veure els mesos d'amenorrea i la regularitat dels cicles mensuals.

5.3-. Nivells hormonals i de remodelatge ossi

La recollida de les mostres de sang i d'orina es van fer una única vegada en iniciar l'estudi amb l'objectiu de descriure quin era el moment de desenvolupament en què estaven les participants en l'inici de l'estudi i veure si els valors obtinguts estaven dintre del rang de normalitat. Les variables amb les quals es va treballar varen ser:

- Calci sèric: en mmol/L.
- Calci sèric corregit: en mmol/L.
- Potassi sèric: en mmol/L.
- Creatinina sèrica: en $\mu\text{mol/L}$.
- Proteïnes sèriques: en g/100 ml.
- Albúmina sèrica: en g/100 ml.
- Fosfatasa alcalina: en UI/L
- Parathormona (PTH): en pmol/L
- Testosterona: en nmol/L
- Índex testosterona lliure.
- 17 beta estradiol: en nmol/L.
- Progesterona: en nmol/L.
- Osteocalcina: en microg/L.
- Calci/creatinina: en mmol Ca / nmol Cr en orina.
- Desoxipiridolina: en nmol/mmol creatinina orina.
- Reabsorció tubular de fosfat: en %

5.3.1-. Obtenció de les mostres

L'obtenció de les mostres de sang i orina es va realitzar a primera hora del matí, entre les 8,00 i les 9,30h., després d'un dejuni d'un mínim de 12h., el dia abans es realitzava l'últim àpat a les 19h., podent prendre els aliments

habituals. El dia de l'extracció s'havia d'orinar a les 7h. fins a buidar completament la bufeta urinària i ingerir un o dos gots d'aigua sense gas, amb l'objectiu d'obtenir orina recent en el moment de l'extracció (test de les 2 hores de Nordin (107))

L'estudi sanguini va consistir en un estudi bioquímic i hormonal. En l'estudi bioquímic de sang es va determinar el calci, potassi, creatinina, proteïnes totals, albúmina i fosfatasa alcalina. L'estudi hormonal va consistir en la determinació de la PTH, testosterona, Índex testosterona lliure, dihidroepiandrosterona, 17 beta estradiol, progesterona i osteocalcina. En l'orina es va determinar el calci, creatinina, fosfat i desoxipiridolina.

Variables calculades a partir d'altres paràmetres:

- El calci sèric corregit es va calcular aplicant la següent fórmula:

$$Ca_{sc} = Ca_s + [(40 - \text{Albúmina}) \times 0,02]$$

On Ca_{sc} és el Calci sèric corregit que es calcula amb el calci sèric (Ca_s) i l'Albúmina del cas.

- La reabsorció tubular de fosfat: en nmolP / 100 mLFG es va calcular aplicant la següent fórmula:

$$\frac{\text{Fosfat en orina}}{\text{Creatinina en orina}} \times \frac{\text{Creatinina en sang}}{\text{Fosfat en sang}}$$

El resultat de la fórmula ens dona el percentatge invers

5.3.2-. Tècniques de laboratori

Les concentracions sèriques i urinàries de les magnituds bioquímiques no hormonals es van determinar a través de tècniques convencionals amb un autoanalitzador Hitachi.

Els mètodes analítics i reactius utilitzats per la mesura de les magnituds hormonals i compostos relacionats van ser els següents:

- *PTH, 17 beta estradiol, progesterona, desoxipiridinolina i SHBG (Sex Hormone-Binding Globulin):*
Enzimoinmunoquimioluminiscència (Immulite2000, Diagnostic Products Corp., Los Angeles, CA, EE.UU.).
- *Testosterona:* Inmunoquimioluminiscència (ACS:180, Química Farmacèutica Bayer, S.A., Divisió Diagnòstics, Barcelona, Espanya).
- *Osteocalcina:* ELISA (Active™ Human Osteocalcin ELISA, Diagnostic Systems Laboratories, Inc., Webster, Texas, EE.UU.).
- *Índex de Testosterona lliure* és el resultat de dividir la concentració de testosterona per la de SHBG i multiplicar per 100. És una estimació indirecta de la concentració de testosterona no unida a SHBG.

5.4-. Ingesta de calci

En l'inici de l'estudi es va demanar a les participants que fessin un registre setmanal de la ingesta de racions de nutrients amb un alt contingut de calci. D'aquesta manera es va poder estimar de forma aproximada la mitjana de la ingesta diària de calci, seguint el procediment utilitzat en la Unitat de Medicina Interna de l'hospital de referència, on es van fer les valoracions. Es va calcular la ingesta a partir de les racions i/o unitats d'aquests aliments, tenint en compte la següent correspondència:

- 1 got de llet ----- 300mg de calci
- 1 iogurt ----- 150mg de calci
- 1 porció de formatge ----- 300mg de calci

En els següents controls anuals, es va interrogar a les participants en relació al manteniment o introducció de modificacions en els hàbits relacionats amb la ingesta de nutrients amb un alt contingut de calci.

5.5-. Factors tòxics

Es va enregistrar la mitjana de tasses de cafè setmanals preses. També es va interrogar a les components de la mostra en relació al consum de tabac i alcohol per tal de poder establir si eren fumadores o consumien alcohol de forma regular.

Aquestes dades es van enregistrar de forma anual, coincidint amb els controls de massa òssia i es va fer un còmput global per tot l'estudi.

5.6-. Incidència de fractures

5.6.1-. Fractures prèvies a l'inici de l'estudi

En l'anamnesi es van enregistrar las fractures patides abans de l'inici de l'estudi, tipus de fractura i quin va ser el mecanisme lesional en cada una dels casos.

5.6.2-. Fractures patides durant l'estudi

Es van enregistrar el nombre de fractures patides per les components de la mostra estudiada al llarg de tot el seguiment, així com el tipus de fractura i mecanisme lesional.

6-. EXERCICI FÍSIC

6.1-. Exercici abans de l'inici de l'estudi

Es va enregistrar en l'anamnesi, de cada una de les components de la mostra, l'edat d'inici de la pràctica esportiva i les hores d'entrenament setmanal. A partir d'aquí es van estimar les hores d'exercici físic abans de l'inici de l'estudi.

6.2-. Exercici durant l'estudi

Els càlculs es van realitzar de forma anual per tal que els registres fossin detallats, precisos i objectius.

6.2.1-. Hores d'exercici físic per temporada de les estudiants

En el moment de fer els controls anuals de la densitometria, s'interrogava a les participants en l'estudi sobre les hores dedicades a l'exercici físic al llarg de la temporada i/o curs escolar. Es va enregistrar tant les hores d'exercici físic dintre de l'horari escolar (hores de classe d'Educació Física) com les que les estudiants referien que havien dedicat a la pràctica d'exercici físic (aeròbic, natació,...) de forma regular fora de l'horari escolar. Es va fer el còmput total d'hores.

6.2.2-. Hores d'exercici físic per temporada de les jugadores de bàsquet

Per al càlcul de les hores d'entrenament de cada jugadora es va seguir el següent procediment:

- ***Càlcul del total d'hores d'entrenament per temporada a la Residència Blume***

Es va calcular el total de dies d'entrenament, tenint en compte la data d'inici i final dels entrenaments de la temporada. D'aquí es van restar els dies corresponents a les vacances de Nadal i de Setmana Santa, ja que en

aquestes dates, si les jugadores entrenaven, ho feien en règim de concentració depenent de la Federació Espanyola, que es va quantificar a part.

D'aquí es van calcular el total de setmanes d'entrenament per extrapolar el total de dies feiners.

Per calcular el total d'hores d'entrenament per temporada i per grup es va multiplicar per 4,2 h. que és la mitjana d'hores diàries d'entrenament, tenint en compte que:

- Matins:
2h. D'entrenament tècnic x 3 dies = 6 hores d'entrenament
1,5h. de Preparació Física x 2 dies = 3 hores d'entrenament
- Tardes:
2,5h. d'entrenament tècnic x 4 dies = 10 hores d'entrenament
2h. d'entrenament físic x 1 dia = 2 hores d'entrenament

Amb el resultat de:

- Total d'hores d'entrenament setmanals: 21 hores.
- Mitjana d'hores d'entrenament diari: 4,2 hores.

➤ ***Dies d'inactivitat per lesió.***

Es van quantificar aquells dies en què les jugadores van estar totalment inactives per lesió. No es van quantificar aquells en els quals les jugadores tenien alguna lesió i/o molèstia que condicionaven el seu rendiment òptim en els entrenaments i competicions i que les obligava a fer alguna modificació en el programa d'entrenament. Aquesta dada es va extreure del registre de les reunions setmanals de valoració de les lesions que es feien amb la participació de l'equip mèdic i esportiu.

També es va fer un calendari amb les faltes d'assistència als entrenaments per motiu de malaltia, aquests dies es van sumar i contemplar dintre de l'apartat de dies d'inactivitat per lesió.

D'aquesta manera en aquest apartat quedaven registrats tots aquells dies que s'havien de restar als dies d'activitat ja que no es contempla que les faltes d'assistència fossin per altres motius.

➤ ***Partits jugats durant la temporada de lliga regular amb l'equip Segle XXI.***

Es van comptabilitzar els partits jugats per cada grup a partir dels calendaris oficials de competició. Cada partit se'l va valorar com a 2 hores d'exercici físic.

➤ ***Hores d'exercici físic fora de la temporada regular***

Es va enregistrar les concentracions (sota el règim de la Federació Espanyola) en les quals participava cada jugadora. Es va calcular el nombre total d'hores d'entrenament, tenint en compte els següents barems:

- Concentracions de Selecció Espanyola: 6 hores d'entrenament diari.
- Concentracions de tecnificació del "Consejo Superior de Deportes" (CSD): 4,5 hores d'entrenament diari.
- Competició oficial: 2 hores d'exercici físic.

La participació de les jugadores en cada concentració i les dates en què es va celebrar es va recollir de la memòria d'aquestes concentracions. En la majoria hi vaig participar dintre de l'equip tècnic i/o mèdic, facilitant la recollida directe de les dades. En la resta d'activitats es va comptar amb la col·laboració del seleccionador i responsable de les seleccions de categories inferiors de la Federació Espanyola de Bàsquet per tal de fer el registre de les jugadores convocades. A partir de l'any 2000 aquesta informació es va poder corroborar amb les llistes oficials de convocatòria facilitades per la Federació Espanyola de Bàsquet en què hi figuraven les jugadores convocades, lloc de celebració de la Concentració i/o Campionat i les dates de les mateixes.

➤ ***Còmput total***

Per calcular el **total d'hores d'entrenament per cada jugadora** es va partir de les hores totals d'entrenament del grup a la Residència Blume per cada temporada a les quals se'ls van sumar les hores corresponents a la competició oficial de Segle XXI, les d'entrenament sota el règim de concentració de la Federació Espanyola de Bàsquet (en què ja estaven

contemplades les hores d'entrenament i les de competició oficial) i se li va restar les hores d'inactivitat per lesió, per cada un dels casos.

No es van enregistrar els partits amistosos durant la temporada regular, ni durant les concentracions de la Federació Espanyola de Bàsquet, ja que aquests es disputaven en els horaris d'entrenament i es corresponien a la durada d'una sessió d'entrenament tècnic.

6.3-. Incidència lesional i dies d'inactivitat per lesió

Aquesta variable fa referència als dies de baixa per lesió i al nombre de lesions patides que van motivar la baixa esportiva. Tal i com s'ha esmentat en el punt anterior, es van considerar aquelles lesions que van motivar una inactivitat esportiva total i es va comptabilitzar els dies de durada d'aquestes, ja que es podia donar la circumstància que la jugadora patís algun tipus de lesió que no condicionés l'entrenament de forma absoluta o que li permetés estar activa fent algunes modificacions al pla d'entrenament, aquesta circumstància no es va enregistrar com a dies d'inactivitat.

En la descripció dels casos (Annex) hi ha una referència més detallada de quines lesions va patir cada jugadora durant tot el temps de l'estudi, ja que per la naturalesa d'aquest estudi ens interessava constatar el tipus de lesió patida per tal de poder establir possibles relacions entre aquestes i la densitat mineral òssia de les components de la mostra. El diagnòstic de la lesió es va treure del registre de les reunions setmanals entre la doctoranda, els fisioterapeutes i el metge responsable així com de les històries clíniques del centre de fisioteràpia de la Residència Blume.

7-. MASSA ÒSSIA

Es va realitzar la medició de la massa òssia a l'inici de l'estudi, al principi de la primera temporada i/o curs escolar, i es va repetir anualment, al final de cada una de les temporades de seguiment de la mostra.

Per a la medició de la massa òssia es va utilitzar la tècnica d'absorciometria dual fotònica (DEXA) i la de tomografia axial computeritzada quantitativa perifèrica (TACCp).

Totes les mesures van ser preses per dues persones familiaritzades amb el maneig de l'aparell de DEXA i TACC.

7.1-. Tècnica d'absorciometria dual fotònica (DEXA)

El registre amb la tècnica d'absorciometria dual fotònica (DEXA) es va realitzar amb un aparell, HOLOGIC QDR-1000. El calibratge de l'aparell i el control de qualitat es va fer diàriament, d'acord amb les recomanacions del fabricant. Es va procedir a la medició de la densitat mineral òssia (DMO), expressada en g/cm^2 , i del contingut mineral ossi (CMO), expressat en g., a totes les participants en l'estudi. Les mesures que es van realitzar van ser en columna lumbar, maluc dret i canell no dominant. La medició de columna lumbar es va realitzar a nivell de L1-L4 i en la projecció anteroposterior. Les mesures de maluc es van obtenir en fèmur total, coll femoral, trocànter femoral, nivell intertrocanteri i nivell del triangle de Ward. Pel que respecte al canell es van enregistrar els valors a nivell de radi ultradistal, radi distal i radi cortical.

7.1.1-. Exploració de la columna lumbar

➤ ***Col·locació del subjecte per a l'exploració:***

En el moment de l'exploració, la noia es col·locava en el suport de la llitera de l'equip de mesura en decúbit supí i elevació parcial de les extremitats inferiors. S'utilitzava un coixí adequat sota les cames, amb l'objectiu d'aconseguir l'òptima separació de les vèrtebres lumbar i

disminuir la lordosi fisiològica d'aquesta regió. La noia es situava de tal manera que en iniciar l'exploració el sector estudiat quedés entre el sistema format per un raig X i un detector que es troben confrontats, aquest conjunt es mou longitudinalment i transversalment.



Fig. SM-1 Posició d'exploració de la columna lumbar

➤ **Regions valorades en l'exploració:**

De forma estandarditzada s'adquirien les dades i les imatges de les vèrtebres compreses entre L1 i L4, prenent com a resultat principal la mitjana de les dades d'aquest segment.

7.1.2 -. Exploració del fèmur proximal

➤ **Col·locació del subjecte per a l'exploració:**

Sense aixecar-se de la llitera la noia era novament explorada. Es mantenia la posició en decúbit supí, les extremitats inferiors situades en la prolongació del cos i es col·locava una cunya per tal d'aconseguir una lleugera abducció de maluc i que l'extremitat a explorar es situés en rotació interna de 25°-30°. L'explorador havia de controlar que la rotació era a nivell de tota l'extremitat i no només a nivell del peu que estava situat en el dispositiu específic. Aquest requisit és necessari perquè el coll femoral projecti la seva màxima longitud.

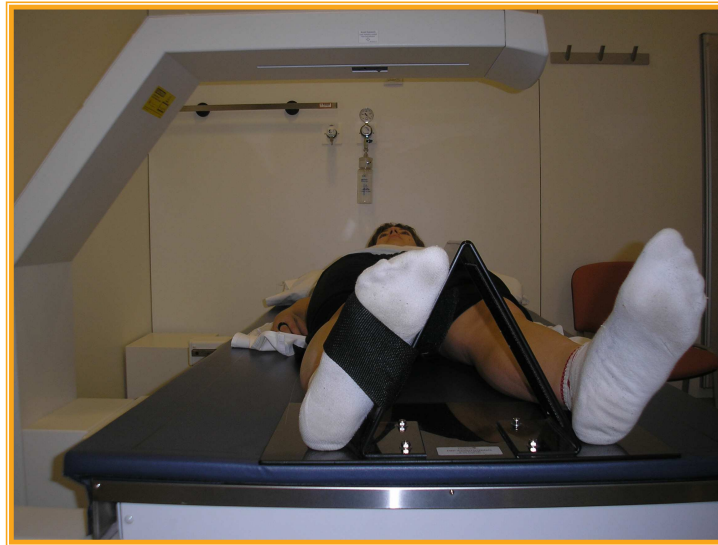


Fig. SM-2 Posició d'exploració del fèmur proximal

➤ **Regions valorades en l'exploració:**

En l'anàlisi de les dades obtingudes es dibuixen diverses regions d'interès. El resultat de cada una d'aquestes regions ofereix una informació diferent, ja que cada una d'elles presenta una proporció d'os trabecular i cortical diferent i es suporten diferents càrregues i tensions biomecàniques. Regions valorades en l'exploració, segons determina el softward d'HOLOGIC:

- *Fèmur total*: Representa la mitjana dels resultats a nivell de les regions del coll femoral, trocànter femoral i intertrocantèria.
- *Coll femoral*: el sector central del coll femoral, de composició eminentment cortical (75% d'os cortical i 25% d'os trabecular).
- *Triangle de Ward*: regió no anatòmica, entre les línies de força trabeculars del terç proximal del fèmur, reconeguda com una zona d'aspecte triangular de baixa densitat a les radiografies. Es caracteritza per la major precocitat dels canvis ossis en condicions fisiològiques i formada d'un 50% d'os trabecular.

- *Trocànter femoral:* sector que reconeix el Trocànter Major femoral i la meitat externa de la regió intertrocantèria. La regió del trocànter major presenta una elevada proporció d'os trabecular, similar al de la columna lumbar (50%) i mostra un paral·lelisme en la resposta metabòlica d'aquest sector vertebral.
- *Regió intertrocantèria:* Aquest sector reconeix l'àrea compresa entre la vora inferior del trocànter Major i per sota del trocànter Menor. Presenta una major proporció d'os cortical.

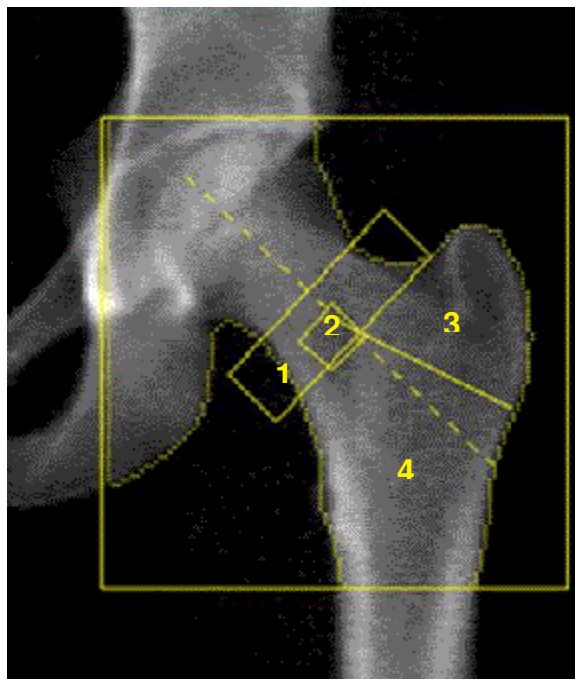


Fig. SM-3 Regions valorades en l'exploració del fèmur proximal, segons determina el software d'HOLOGIC:
 1, coll femoral; 2, triangle de Ward; 3, trocànter femoral;
 4, regió intertrocantèria.

7.1.3-. Exploració del radi distal

➤ **Col·locació del subjecte per a l'exploració:**

La noia es col·locava en sedestació al costat de l'equip de mesura amb l'avantbraç sobre la taula d'exploració, recolzat en un coixí per tal d'ajudar a mantenir la posició. Les àrees explorades, en el radi, es localitzen en relació al percentatge de la longitud del cúbit, prenent com a referència la distància entre l'estiloides cubital i l'olècranon.



Fig. SM-4 Posició d'exploració del radi distal

➤ **Regions valorades en l'exploració:**

- *Radi ultradistal.* Regió radial mesurada a partir del punt on la distància entre cúbit i radi és de 8 mm i que s'estén 8 mm distalment. Aquesta regió radial conté un major percentatge d'os trabecular.
- *Radi distal:* regió radial situada distalment a un 10% de la longitud total del cúbit. Aquesta regió està situada entre les altres dues zones d'estudi del radi.

- *Radi cortical*: regió radial situada distalment a 1/3 de la longitud total del cúbit. Regió anatòmica amb predomini d'os cortical.

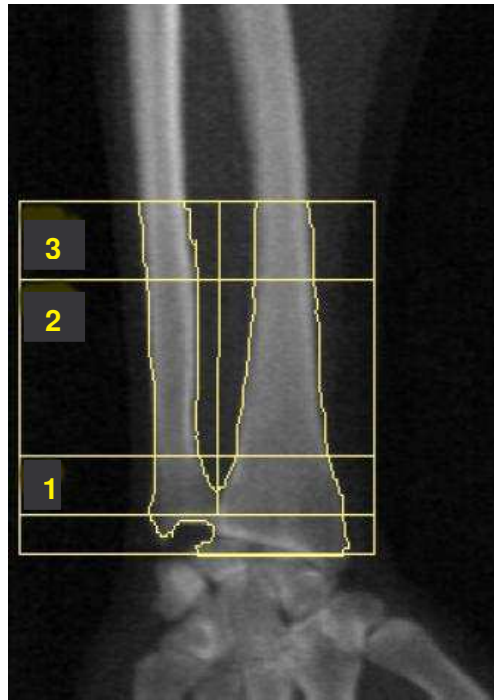


Fig. SM-5 Regions valorades en l'exploració del radi distal, segons determina el software d'HOLOGIC: 1, radi ultradistal; 2, radi distal; 3, radi cortical.

7.2.- Tècnica de tomografia axial computeritzada quantitativa perifèrica (TACCp)

El registre amb la tècnica de tomografia axial computeritzada quantitativa perifèrica (TACCp) es va realitzar amb un aparell STRATEC. El calibratge de l'aparell es va realitzar abans de cada exploració d'acord amb les recomanacions del fabricant. Es va procedir a la medició de la massa òssia, expressada en mg/cm^3 , ja que la TACC determina volums i no superfícies, en el canell de l'extremitat superior no dominant de totes les participants en l'estudi. Abans de la medició quantitativa, l'àrea d'interès es va seleccionar mitjançant topograma lateral i sobre aquesta imatge d'alta nitidesa es va seleccionar l'àrea d'estudi. Aquesta àrea és un tall en la zona explorada que fixa l'explorador. El software de l'aparell d'exploració separa cortical de trabecular per un llinar d'unitats Hounsfield.

Les mesures que es van enregistrar d'aquesta exploració van ser densitat òssia volumètrica total, trabecular i cortical.

8-.ESTUDI ESTADÍSTIC

L'anàlisi dels resultats es va realitzar mitjançant el paquet estadístic SPSS-win (Statistical Package for the Social Sciences) versió 12.0 per Windows.

Per a l'estadística descriptiva de les variables quantitatives es va presentar la mitjana, la seva desviació estàndard i els valors mínims i màxims. Les variables qualitatives es van descriure amb la freqüència observada i el seu percentatge relatiu al total del grup al qual pertanyen.

Per a l'anàlisi bivariàble, amb una variable d'estudi qualitativa dicotòmica i variable de resposta quantitativa, la prova estadística utilitzada va ser el test t-Student de comparació de mitjanes, tant per a la comparació de les mitjanes dels dos grups en la totalitat de l'estudi com en cada una de les temporades de seguiment.

En l'anàlisi de mesures repetides, el test ANOVA de dos factors (temps i grup) amb el primer d'ells de mesures repetides es va utilitzar per detectar diferències en l'evolució dels dos grups al llarg de les 3 temporades de l'estudi comparatiu. En aquelles variables de massa òssia en què aquesta anàlisi va detectar diferències significatives es va calcular el coeficient de correlació de Pearson tant amb la ingesta de calci com amb les hores d'exercici físic. En aquells casos que hi havia correlació significativa, tant per la ingesta de calci com per l'exercici, es va buscar a través d'un Model de Regressió Lineal Multivariable Steepwise Backward (pas a pas cap enrere), quina/es de les dues variables explicava millor els increments de la massa òssia.

Es va procedir a una ANOVA amb un factor (temps) per veure l'evolució de cada una de les variables de massa òssia al llarg de les 4 temporades de seguiment del grup de les jugadores de bàsquet.

En l'estudi de seguiment de les jugadores de bàsquet al llarg dels 4 anys del programa d'alt rendiment es va calcular el coeficient de correlació de Pearson entre l'increment de la massa òssia, en cada una de les àrees d'estudi, i la mitjana d'hores d'exercici físic en aquest període.

En totes les comparacions es va considerar que s'assolia la significació estadística quan el valor de p va ser inferior a $\alpha = 0,05$.

RESULTATS

1-. DESCRIPTIUS DE LA MOSTRA

En la interpretació de les taules en què es presenten dades evolutives, s'ha de tenir present que les dades corresponents a la primera temporada pertanyen només al grup de jugadores de bàsquet, ja que l'estudi comparatiu es va iniciar a partir de la segona temporada.

1.1-. Condicions inicials de la mostra

La mostra estudiada va estar formada per 22 voluntàries sanes de les quals 16 eren jugadores de bàsquet d'alt nivell i 6 estudiants que realitzaven menys de 6 hores d'exercici físic regular a la setmana.

Taula R-1. Components del grup d'estudi		
Variable	Freqüència	Percentatge
Estudiants	6	27,30
Jugadores Bàsquet	16	72,70
Total	22	100,00

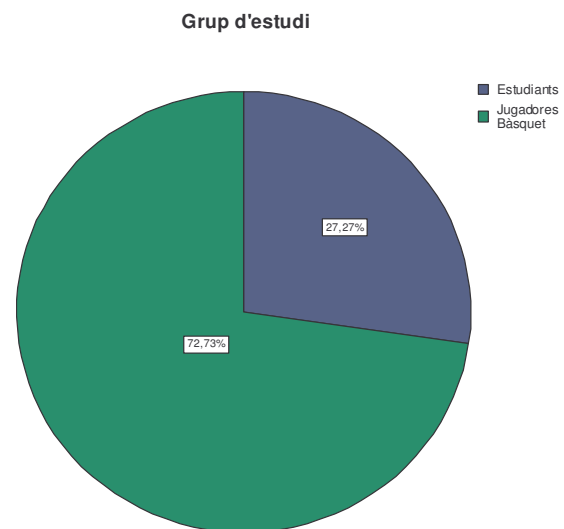


Fig. R-1

1.1.1-. Edat

La mitjana d'edat de les components del grup control en l'inici de l'estudi va ser de $13,75 \pm 0,57$ i la del grup control de 15 anys. L'estudi comparatiu es va realitzar a partir del segon any de recollida de dades del grup d'estudi i el primer del grup control, per tal que la comparació es realitzés entre grups de mitjana d'edat i estadi de desenvolupament similar.

1.1.2-. Antropometria

En la taula que es presenta a continuació (Taula R-2) es mostra tota l'evolució de la mitjana del pes, talla i de l'índex de massa corporal (IMC) de la mostra estudiada.

Taula R-2. Dades antropomètriques en cada una de les temporades						
Variable	Temporada d'estudi	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Talla (cm)	Primera temporada	16	173,0	190,0	180,69	5,39
	Segona temporada	21	154,6	192,5	176,93	11,46
	Tercera temporada	15	157,8	194,0	180,02	9,64
	Quarta temporada	15	158,0	195,0	180,75	9,44
Pes (Kg)	Primera temporada	16	55,2	91,7	67,03	9,86
	Segona temporada	21	49,9	97,0	69,56	10,62
	Tercera temporada	15	56,2	92,0	71,95	9,37
	Quarta temporada	15	59,0	93,0	72,79	8,96
IMC	Primera temporada	16	16,85	25,40	20,45	2,10
	Segona temporada	21	18,64	26,31	22,17	2,09
	Tercera temporada	15	19,08	24,49	22,16	1,75
	Quarta temporada	15	19,98	24,46	22,23	1,46

1.1.3-. Estadis fisiològics

Les característiques funcionals relacionades amb l'estat hormono-estrogènic figuren en els següents apartats:

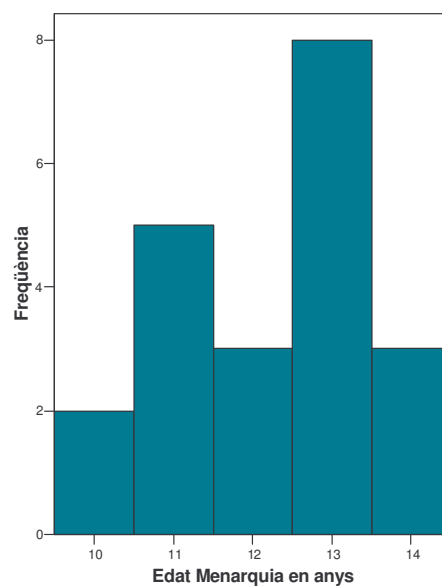
1.1.3.1-. Cicle menstrual

Com es pot veure a la taula R-3, l'edat de la menarquia de la nostra població es va situar als $12,24 \pm 1,26$ anys. A la Fig. R-2 es mostra la distribució de la freqüència per edats.

La mitjana de mesos d'amenorrea previs a l'estudi es va situar a $0,57 \pm 1,83$ mesos. Hi va haver només dues components de la mostra que van referir amenorrea abans de l'inici de l'estudi. Pel que respecta als mesos d'amenorrea

enregistrats durant l'estudi va ser de $0,90 \pm 2,14$, lleugerament superior als referits abans de l'inici de l'estudi i amb un major nombre de components de la mostra afectades. Es van enregistrar 6 noies amb algun mes d'amenorrea durant l'estudi.

Taula R-3. Cicle menstrual					
Variable	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Menarquia (anys)	21	10	14	12,24	1,26
Amenorrea prèvia (mesos)	21	0	7	,57	1,83
Amenorrea estudi (mesos)	21	0	9	,90	2,14



Fig, R-2

1.1.3.2-. Estudi hormonal i del metabolisme mineral

A les taules R-4 i R-5 es presenten els resultats de l'estudi hormonal i del metabolisme mineral realitzats a la nostra mostra en l'inici del seguiment.

Taula R-4. Estudi hormonal						
Variable	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.	Lab*
Parathormona (PTH) (pmol/L)	15	2,00	6,00	3,53	1,17	1,5-6,7
Testosterona (nmol/L)	20	,90	3,40	1,55	,58	0,3-3,2
Índex testosterona lliure	18	1,40	10,50	3,46	2,38	2-6,2
Estradiol (nmol/L)	20	,05	,97	,22	,22	≤0,43-1
Progesterona (nmol/L)	20	1	35	5,58	7,76	2,2-18

Lab*, valors de referència del laboratori

Els resultats de l'estudi hormonal van estar en tots els casos dintre dels límits de referència dels nostre laboratori.

Taula R-5. Estudi del metabolisme mineral						
Variable	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.	Lab*
Calci sèric (mmol/L)	20	2,29	2,64	2,46	,09	2,15-2,55
Calci sèric corregit (mmol/L)	16	2,18	2,60	2,31	,13	2,23-2,45
Fosfat inorgànic (mmol/L)	20	,88	1,70	1,30	,20	0,87-1,45
Creatinina sèrica (µmol/L)	21	67,00	96,00	79,00	7,99	<97
Proteïnes sèriques (g/L)	20	63,30	82,70	74,46	4,28	64-83
Albúmina sèrica (g/L)	16	41,50	56,10	47,82	3,95	38-54
Fosfatasa alcalina (UI/L)	21	147	615	325,76	124,35	97-250
Osteocalcina (microg/L)	20	6,20	32,00	18,38	6,80	15-33
Calci / Creatinina urinària (mmol/mmol)	16	,05	,42	,22	,12	0,20-0,50
Desoxipiridinolina (nmol/mmol creatinina)	18	8,40	24,20	14,73	4,64	2,5-6,5
Reabsorció tubular de fosfat (%)	17	82,00	95,00	90,41	3,54	80-90

Lab*, valors de referència del laboratori

L'estudi del metabolisme mineral va estar, també, dintre del rang de referència del laboratori, a excepció de la Fosfatasa alcalina i la Desoxipiridinolina. Els resultats obtinguts de Fosfatasa alcalina estan bastant per sobre del límit superior del rang de referència i presenten una variabilitat molt gran que va des de les 147 a les 615 UI/L. De forma similar, en el cas de la Desoxipiridinolina, la mitjana de la nostra mostra està sensiblement per sobre dels valors de referència del laboratori que és de 2,5-6,5 nmol/mmol de Creatinina per les dones premenopàusiques. Per altra banda, la mitjana de la Reabsorció tubular de fosfat de la mostra estudiada sobrepassa lleugerament el límit superior de la referència del laboratori. Això és degut a l'edat dels casos

i al fet que els valors de referència del laboratori foren obtinguts amb subjectes a partir de de 20 anys.

1.1.4-. Ingesta de calci

En la taula que segueix, es representa la ingesta de calci diari en mg. La ingesta mínima va ser de 650 mg i la màxima de 1950 amb una mitjana de $1255 \pm 437,10$ per tota la població. Cal esmentar que hi ha una variabilitat important en la ingesta diària de calci, en la totalitat de la mostra estudiada.

Taula R-6. Ingesta diària de calci					
Variable	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Ingesta calci (mg per dia)	17	650	1950	1255,88	437,10

1.1.5-. Factors tòxics

La totalitat de la mostra estudiada, tant les components dels grup d'estudi com les del grup control, es va declarar no fumadora i abstèmia.

El consum de cafè observat en la nostra població va ser mínim. Només 4 components de la mostra consumien cafè, entre 2 i 7 tasses de cafè setmanals.

Taula R-7. Ingesta setmanal de cafè					
Variable	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Nº tasses de cafè setmanals	17	0	7	1,06	2,33

L'escassa incidència d'hàbits tòxics en la totalitat de la mostra fa que no es plantegi valorar la correlació amb la massa òssia, ja que podríem considerar que ambdós grups presenten una igual i/o similar absència de consum de tabac, alcohol i cafè.

1.2-. Exercici físic

1.2.1-. Hores d'exercici físic abans de l'inici de l'estudi

En la taula R-8 es presenten els resultats del còmput total d'hores d'exercici físic regular referides per les components de la mostra abans de l'inici

de l'estudi. Destaquem que s'observa una variabilitat molt important, ja que hi ha algun cas de la mostra, com és el nº 14 (Fig. R-3), que ja estava immers en programes de rendiment abans de l'estudi i d'altres en què l'adherència a programes d'exercici físic sistemàtic és pràcticament nula.

Taula R-8. Hores d'exercici físic abans de l'inici de l'estudi					
Variable	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Hores exercici físic	18	90	3888	1290,89	952,23

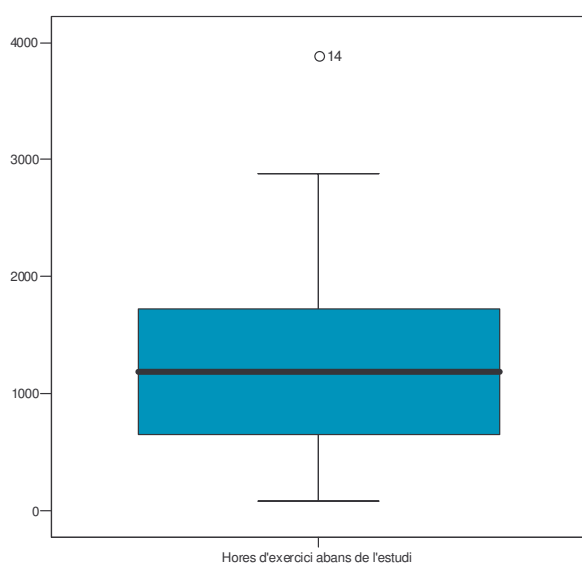


Fig. R-3

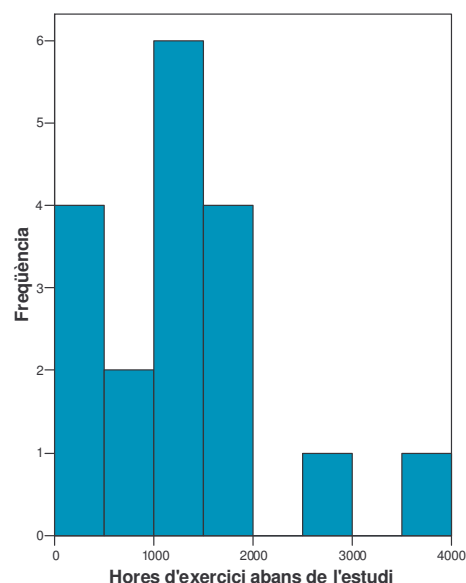


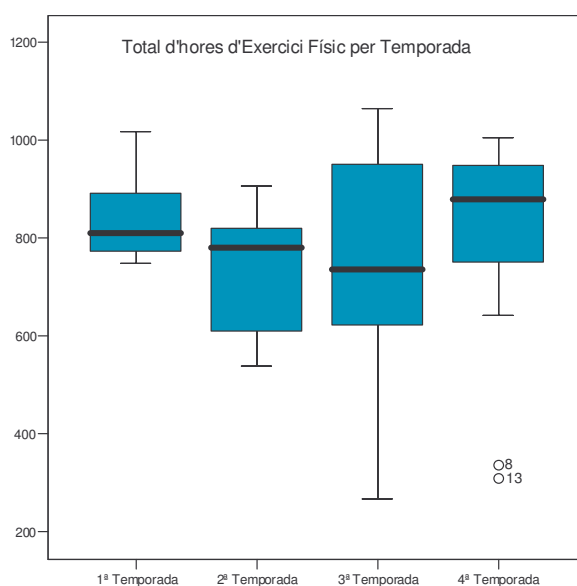
Fig. R-4

1.2.2.- Hores d'exercici físic durant l'estudi

En la interpretació dels resultats de l'exercici físic s'ha de tenir present, com ja s'ha especificat amb anterioritat, que en la primera temporada no es van enregistrar les dades d'exercici físic del grup control, ja que l'estudi comparatiu es va iniciar a partir de la segona temporada de l'estudi.

A la taula R-9 es mostren les hores totals dedicades a l'exercici físic durant tot l'estudi i per temporades.

Taula R-9. Hores d'exercici físic en cada una de les temporades de l'estudi					
Temporada d'estudi	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Total	17	144	3639	2251,47	1325,44
Primera temporada	16	219	1019	779,50	175,77
Segona temporada	21	72	906	601,19	273,01
Tercera temporada	17	72	1066	557,12	366,99
Quarta temporada	16	72	1006	580,63	379,90



Els casos 8 i 13 corresponen a dues jugadores de bàsquet que van patir una lesió important durant l'última temporada d'estudi, ruptura de lligament encreuat anterior, i que, en relació amb aquesta lesió, tampoc van participar en cap competició internacional durant aquesta temporada.

Fig. R-5

1.2.3-. Incidència lesional i dies d'inactivitat al llarg de l'estudi

Es van enregistrar els dies d'inactivitat per lesió. Pel que fa referència a la incidència lesional a nivell de lesions de múscul i tendó, no es va donar cap cas en el grup control.

En la taula que es mostra a continuació (R-10) es pot observar el nombre de lesions de múscul i tendó que van motivar algun dia de baixa per lesió en les components del grup d'estudi al llarg dels 4 anys de seguiment.

Taula R-10. Lesions patides per les components del grup d'estudi al llarg de tot el seguiment			
Subjecte	Nº lesions	Dies inactivitat	Mitjana dies de baixa per lesió
1	5	42	8,40
2	17	236	13,88
3	12	119	9,92
4	3	156	52,00
5	2	17	8,50
6	21	287	13,67
7	15	257	17,13
8	19	208	10,95
9	16	148	9,25
10	14	147	10,50
11	11	213	19,36
12	5	290	58,00
13	5	83	16,60
14	7	94	13,43
15	13	136	10,46
16	4	60	15,00

La mitjana de lesions en un període d'entrenament intensiu, de 4 temporades, per les components del grup d'estudi va ser de $10,56 \pm 6,16$.

1.3-. Massa òssia

En aquest apartat es mostren els valors obtinguts de densitat òssia i contingut mineral ossi en les diferents àrees d'estudi: columna vertebral, fèmur i canell.

1.3.1-. Massa òssia vertebral

En les taules R-11 i R-12 es presenta la mitjana i la seva desviació estàndard de la densitat i el contingut mineral ossi a nivell de columna vertebral lumbar. Es mostren també els valors màxims i mínims.

1.3.1.1-. Densitat mineral òssia vertebral

Es pot observar que la desviació al llarg del temps sembla que augmenti molt lleugerament. Per tant, sense que augmenti la dispersió de forma sensible, s'intueix un increment de la mitjana a nivell de densitat mineral òssia lumbar al llarg de tot l'estudi. En la figura R-6 es pot apreciar que aquest increment disminueix d'una temporada respecte a l'anterior i que aquesta disminució és més accentuada en l'última temporada d'estudi.

Taula R-11. DMO Vertebral Lumbar mesurada amb DEXA (g/cm ²)					
Temporada d'estudi	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Primera temporada	16	,93	1,40	1,10	,13
Segona temporada	21	,91	1,39	1,12	,12
Tercera temporada	16	,97	1,43	1,18	,13
Quarta temporada	15	,92	1,43	1,17	,14

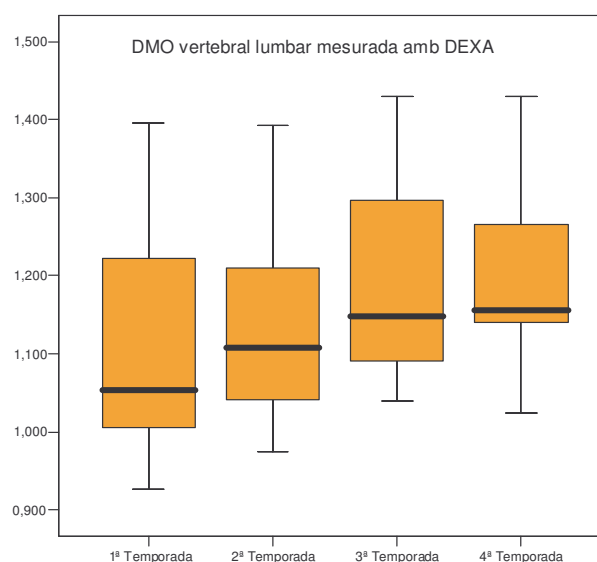


Fig. R-6

1.3.1.2-. Contingut mineral ossi vertebral

Respecte al contingut mineral ossi a nivell de columna lumbar, sembla que la dispersió augmenta lleugerament en el temps i que la mitjana experimenta un increment important entre la segona i la tercera temporada en relació amb el què es produeix en la resta de temporades estudiades.

Taula R-12. CMO Vertebral Lumbar mesurat amb DEXA (g)					
Temporada d'estudi	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Primera temporada	16	51,78	87,70	67,44	11,14
Segona temporada	21	42,85	94,51	67,45	12,41
Tercera temporada	16	45,59	93,23	71,83	13,83
Quarta temporada	15	43,39	95,84	71,50	14,46

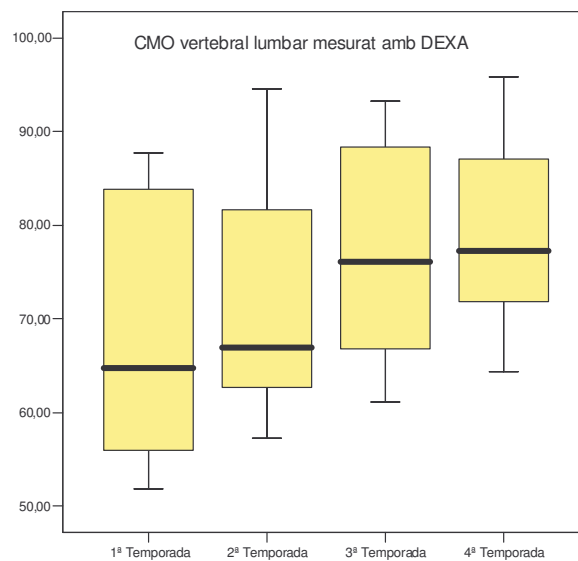


Fig. R-7

1.3.2-. Massa òssia femoral

1.3.2.1-. Densitat mineral òssia femoral

En la taula R-13 i les figures R-8 a R-12 es presenten els resultats de la Densitat Mineral Òssia al llarg de les 4 temporades d'estudi en les diferents àrees d'interès a nivell de fèmur.

Taula R-13. DMO Femoral mesurada amb DEXA (g/cm ²)						
Variable	Temporada d'estudi	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Femoral total	Primera temporada	16	,91	1,26	1,06	,09
	Segona temporada	21	,81	1,22	1,08	,11
	Tercera temporada	17	,83	1,30	1,11	,12
	Quarta temporada	15	,83	1,28	1,10	,13
Coll femoral	Primera temporada	16	,81	1,22	1,00	,11
	Segona temporada	21	,78	1,26	1,02	,12
	Tercera temporada	17	,87	1,31	1,07	,13
	Quarta temporada	15	,82	1,25	1,06	,14
Trocànter femoral	Primera temporada	16	,69	1,06	,88	,10
	Segona temporada	21	,61	1,01	,87	,10
	Tercera temporada	17	,61	1,07	,89	,11
	Quarta temporada	15	,60	1,06	,87	,12
Regió intertrocantèria	Primera temporada	16	1,00	1,37	1,18	,09
	Segona temporada	21	,91	1,37	1,22	,12
	Tercera temporada	17	,83	1,44	1,24	,16
	Quarta temporada	15	,93	1,41	1,25	,14
Triangle de Ward	Primera temporada	16	,81	1,15	,98	,12
	Segona temporada	21	,78	1,22	1,01	,14
	Tercera temporada	17	,82	1,33	1,08	,16
	Quarta temporada	15	,79	1,24	1,03	,14

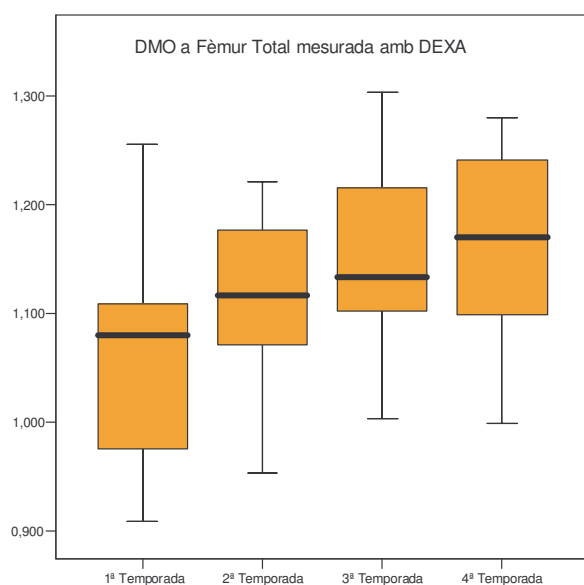


Fig. R-8

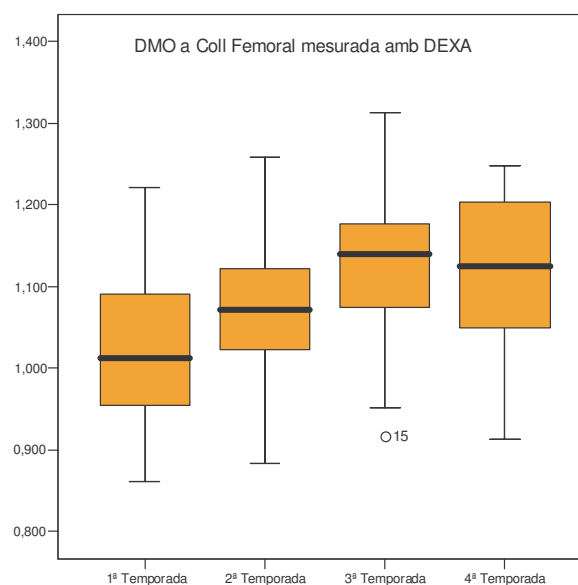


Fig. R-9

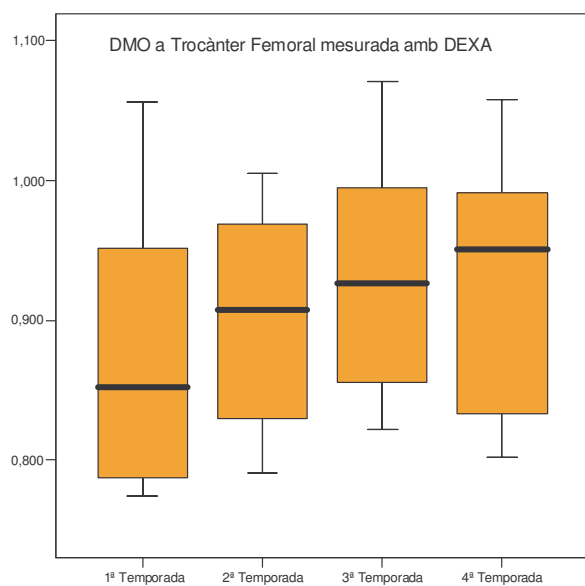


Fig. R-10

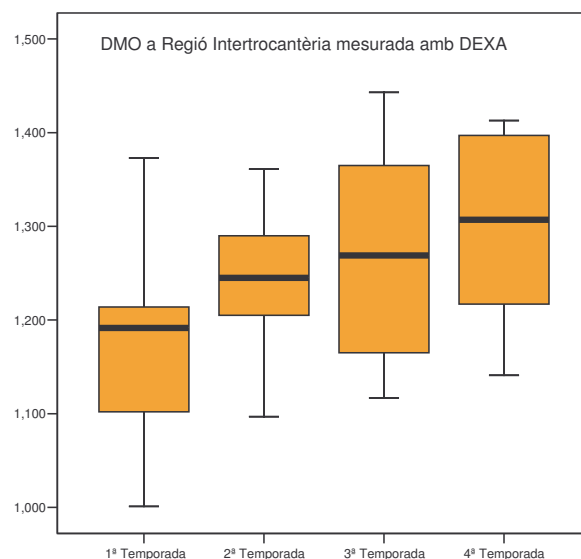


Fig. R-11

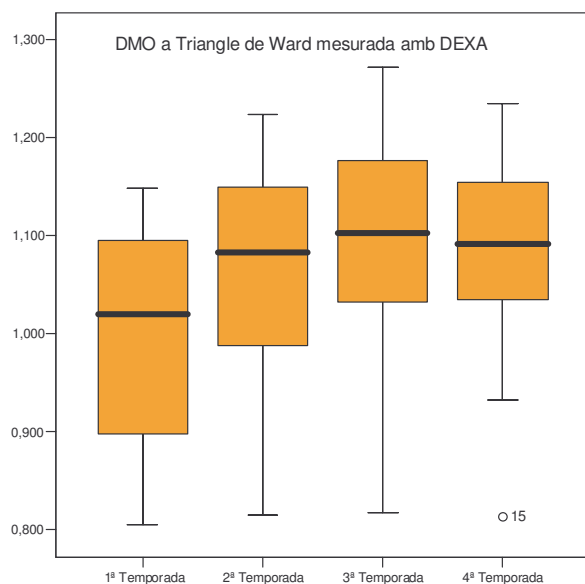


Fig. R-12

Es pot observar que la desviació al llarg del temps sembla que augmenti molt lleugerament. Per tant, sense que la dispersió es modifiqui de forma sensible, s'intueix un increment de la mitjana a nivell de fèmur total, trocànter femoral i regió intertrocantèria. Aquest increment és més accentuat en la segona i quarta temporada en relació amb el que s'ha experimentat entre la tercera i la segona.

Pel que respecta a les àrees de coll femoral i triangle de Ward s'observa un increment durant les tres primeres temporades d'estudi, i un lleuger declivi en la quarta.

1.3.2.2-. Contingut mineral ossi femoral

A la següent taula (R-14) i a les figures R-13 a R-17, es mostra la mitjana amb la seva desviació estàndard i els valors mínims i màxims obtinguts quant a contingut mineral ossi per cada una de les diferents àrees estudiades a nivell de fèmur.

Taula R-14. CMO Femoral mesurat amb DEXA (g)						
Variable	Temporada d'estudi	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Femoral total	Primera temporada	16	30,96	47,10	38,41	4,49
	Segona temporada	21	23,34	49,54	37,47	6,71
	Tercera temporada	17	23,33	50,59	39,13	8,09
	Quarta temporada	15	23,48	48,95	38,37	8,23
Coll femoral	Primera temporada	16	4,93	6,90	5,58	,65
	Segona temporada	21	3,96	7,28	5,58	,99
	Tercera temporada	17	4,01	7,50	5,91	1,03
	Quarta temporada	15	4,03	7,08	5,80	,97
Trocànter femoral	Primera temporada	16	7,12	11,28	9,50	1,20
	Segona temporada	21	5,31	11,96	9,27	1,85
	Tercera temporada	17	5,25	12,52	9,38	2,24
	Quarta temporada	15	4,85	11,96	9,07	2,18
Regió intertrocantèria	Primera temporada	16	17,75	30,28	23,33	3,39
	Segona temporada	21	14,07	31,47	22,47	4,33
	Tercera temporada	17	13,91	32,94	23,84	5,18
	Quarta temporada	15	14,61	31,66	23,50	5,51
Triangle de Ward	Primera temporada	16	,91	1,40	1,15	,17
	Segona temporada	21	,82	1,44	1,18	,18
	Tercera temporada	17	,90	1,65	1,28	,20
	Quarta temporada	15	,82	1,55	1,22	,20

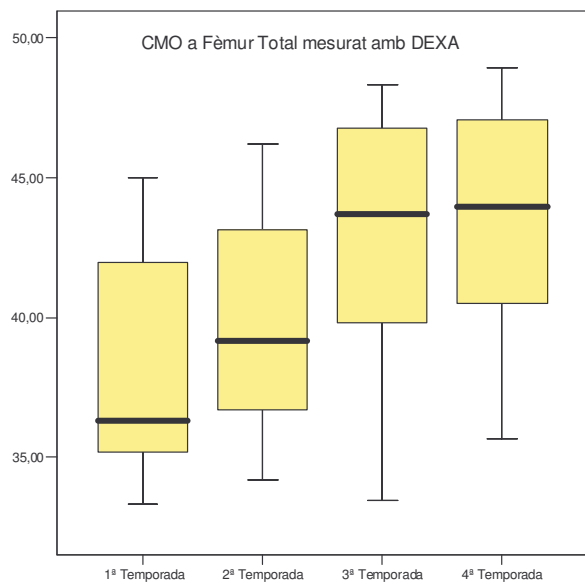


Fig. R-13

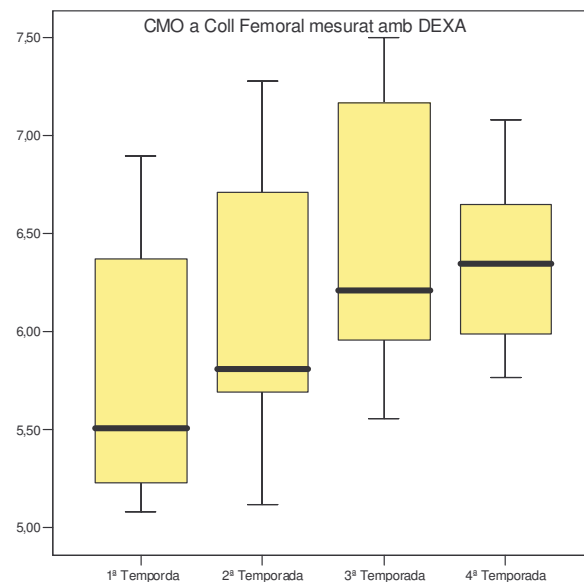


Fig. R-14

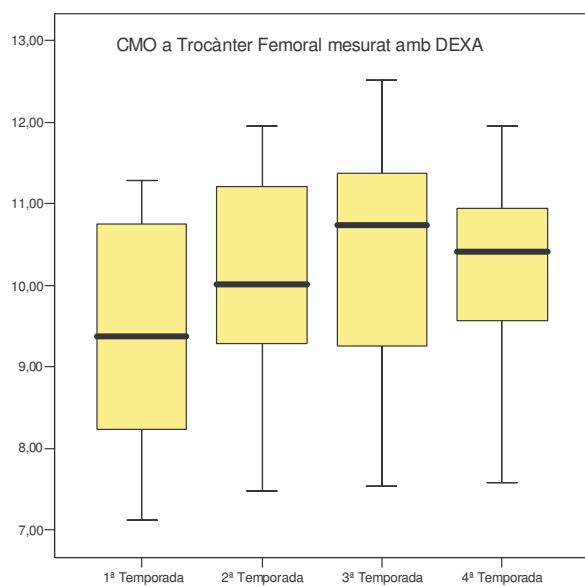


Fig. R-15

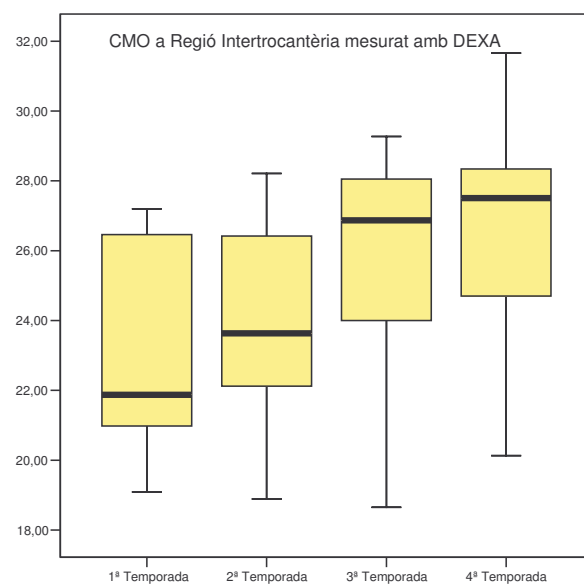


Fig. R-16

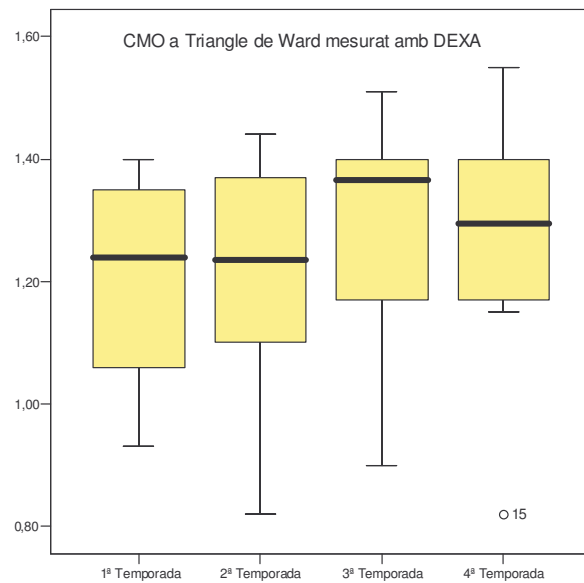


Fig. R-17

Es pot observar que la desviació al llarg del temps sembla que augmenti lleugerament. La mitjana dels resultats per a totes les àrees d'estudi mostra una tendència a l'increment durant les primeres tres temporades i una lleugera regressió en la quarta, si bé l'augment de la dispersió li pren valor.

1.3.3-. Massa òssia del canell

A les taules R-15 i R-16 i a les figures R-18 a R-23, es mostra la mitjana amb la seva desviació estàndard i els valors mínims i màxims obtinguts en la valoració de la massa òssia del canell no dominant, valorats amb DEXA, a nivell de radi ultradistal, distal i cortical.

1.3.3.1-. Densitat mineral òssia al canell

En el radi ultradistal tant la mitjana com la desviació es manté pràcticament constant al llarg de les temporades, tant sols ambdues disminueixen lleugerament del tercer al quart registre.

En el radi distal s'aprecia que la mitjana obtinguda experimenta un considerable increment en la segona temporada i un augment menor en la tercera que s'estabilitza en la quarta.

En el radi cortical s'intueix que la mitjana augmenta de forma bastant regular durant les tres primeres temporades, aquesta progressió mostra un lleuger estancament en l'última temporada.

S'intueix que l'increment de densitat òssia al llarg de les quatre temporades de seguiment és inferior a nivell de radi ultradistal en relació amb les altres àrees d'estudi del canell, radi distal i cortical.

Taula R-15. DMO Radial mesurada amb DEXA (g/cm ²)						
Variable	Temporada d'estudi	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Radi ultradistal	Primera temporada	11	,38	,53	,46	,04
	Segona temporada	19	,38	,53	,46	,04
	Tercera temporada	17	,38	,53	,46	,04
	Quarta temporada	15	,37	,51	,45	,03
Radi distal	Primera temporada	11	,45	,52	,48	,03
	Segona temporada	19	,47	,58	,52	,03
	Tercera temporada	17	,51	,59	,54	,03
	Quarta temporada	15	,50	,59	,54	,03
Radi cortical	Primera temporada	11	,58	,65	,61	,03
	Segona temporada	19	,57	,70	,63	,04
	Tercera temporada	17	,59	,72	,65	,04
	Quarta temporada	15	,59	,73	,65	,04

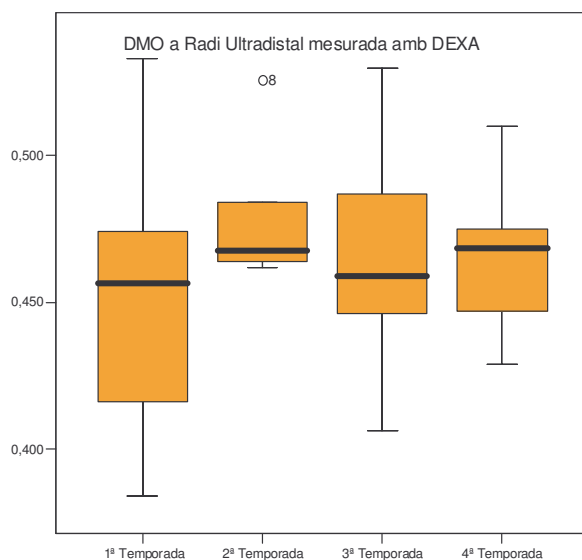


Fig. R-18

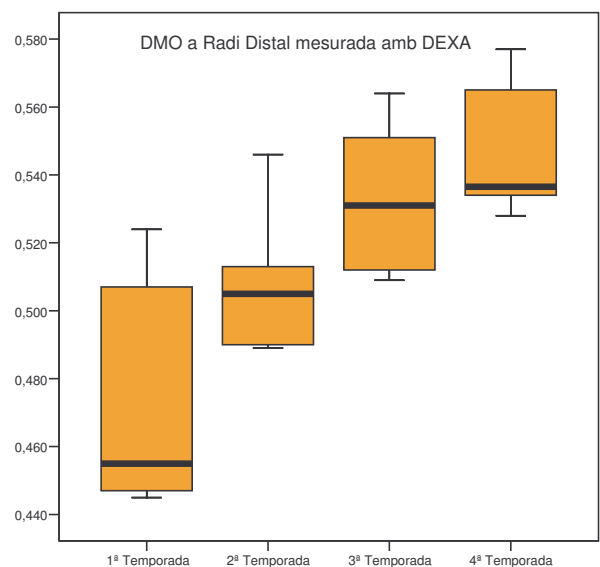


Fig. R-19

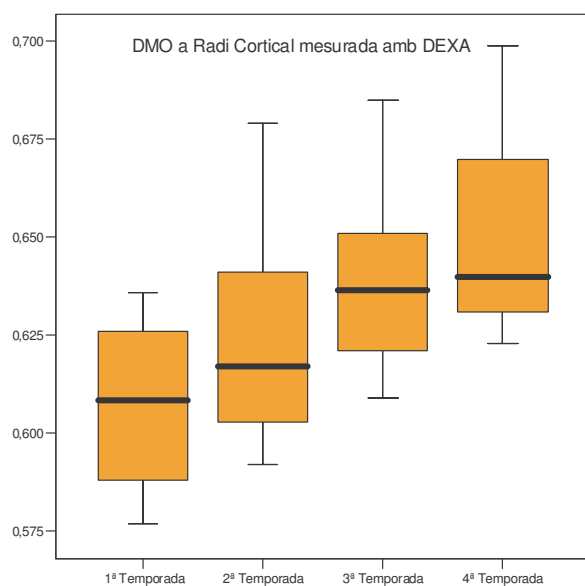


Fig. R-20

1.3.3.2-. Contingut mineral ossi al canell

El valors mínims i màxims, així com la mitjana i la desviació estàndard del registres de contingut mineral ossi a nivell de radi ultradistal, distal i cortical, es mostren a la taula R-16 i a les figures R-21 a R-23.

Taula R-16. CMO Radial mesurat amb DEXA (g)						
Variable	Temporada d'estudi	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Radi ultradistal	Primera temporada	11	1,59	2,37	2,00	,27
	Segona temporada	19	1,31	2,47	1,95	,35
	Tercera temporada	17	1,29	2,55	1,97	,32
	Quarta temporada	15	1,30	2,51	1,92	,31
Radi distal	Primera temporada	11	3,08	5,14	4,48	,68
	Segona temporada	19	3,16	6,56	4,46	1,03
	Tercera temporada	17	3,24	6,98	4,78	1,06
	Quarta temporada	15	3,16	7,07	4,84	1,14
Radi cortical	Primera temporada	11	1,51	1,98	1,78	,14
	Segona temporada	19	1,48	2,12	1,80	,21
	Tercera temporada	17	1,52	2,19	1,90	,20
	Quarta temporada	15	1,52	2,25	1,90	,22

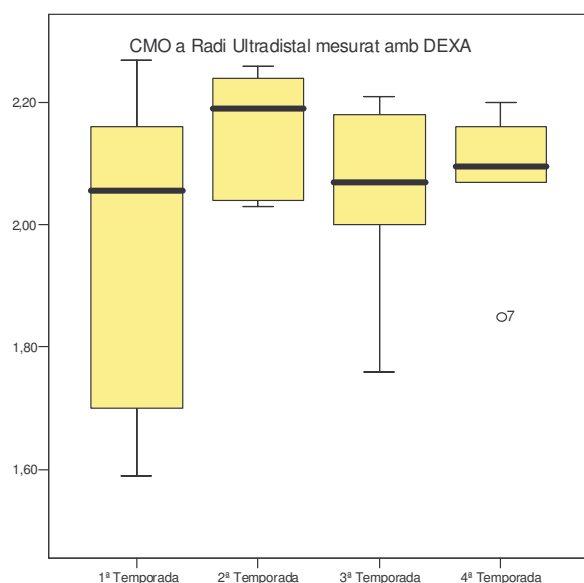


Fig. R-21

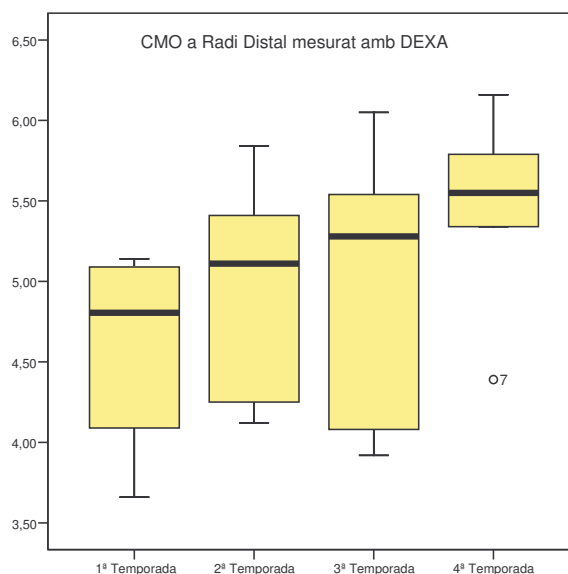


Fig. R-22

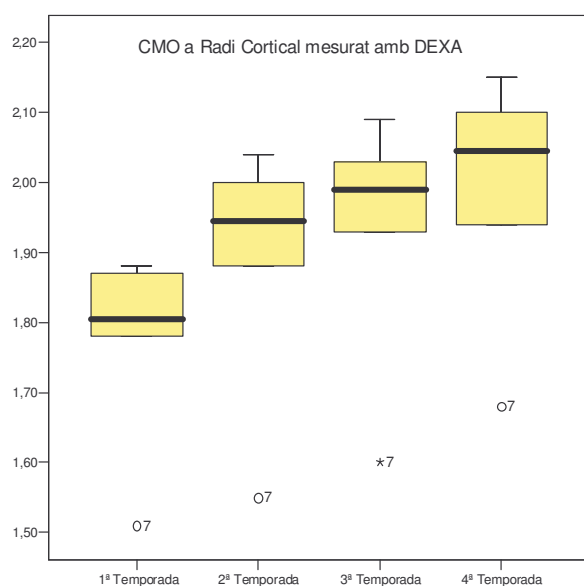


Fig. R-23

En el radi ultradistal, la desviació canvia de forma sensible en el temps, la mitjana dels valors obtinguts, a nivell de contingut mineral ossi, disminueix lleugerament al final de les quatre temporades d'estudi. En el radi cortical, hi ha una estabilització de la mitjana del contingut mineral ossi després de la quarta temporada. El radi distal i el cortical mostren un increment de contingut mineral ossi després de les quatre temporades de seguiment.

En el cas 7 no hi ha cap causa aparent que justifiqui els seus valors més baixos, ni cap repercussió a nivell de fractura al llarg de tot el seguiment.

1.3.3.3-. Massa òssia volumètrica de canell

En el canell es va valorar també la densitat òssia volumètrica per mitjà del registre amb TACC, els resultats obtinguts es mostren a la taula R-17 i a les figures R-24 a R-26.

Taula R-17. Densitat òssia volumètrica mesurada amb TACC (g/cm^3)						
Variable	Temporada d'estudi	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Total	Primera temporada	14	236,1	337,8	280,37	32,54
	Segona temporada	21	202,6	386,0	291,09	37,17
	Tercera temporada	8	270,4	405,0	321,95	43,54
	Quarta temporada	14	276,5	374,6	329,14	28,37
Cortical	Primera temporada	14	320,0	543,8	388,06	69,02
	Segona temporada	21	281,1	553,9	396,21	58,76
	Tercera temporada	8	343,1	582,7	437,88	74,17
	Quarta temporada	14	343,4	526,0	454,36	54,96
Trabecular	Primera temporada	14	48,4	213,5	148,48	45,23
	Segona temporada	21	106,4	220,4	162,33	30,21
	Tercera temporada	8	144,4	228,3	180,03	27,20
	Quarta temporada	14	123,1	329,7	186,15	51,73

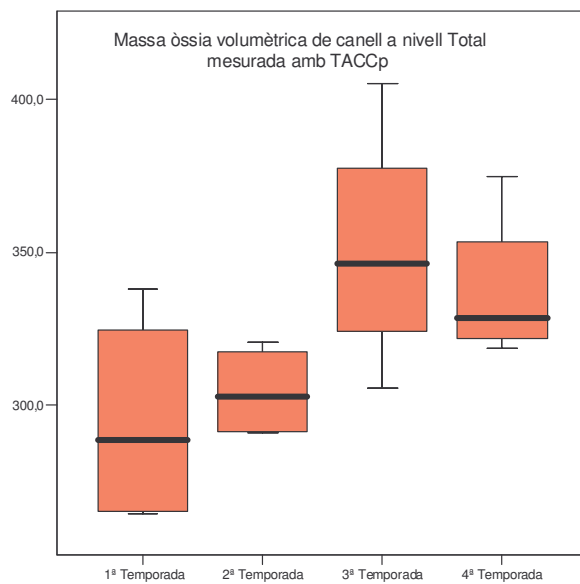


Fig. R-24

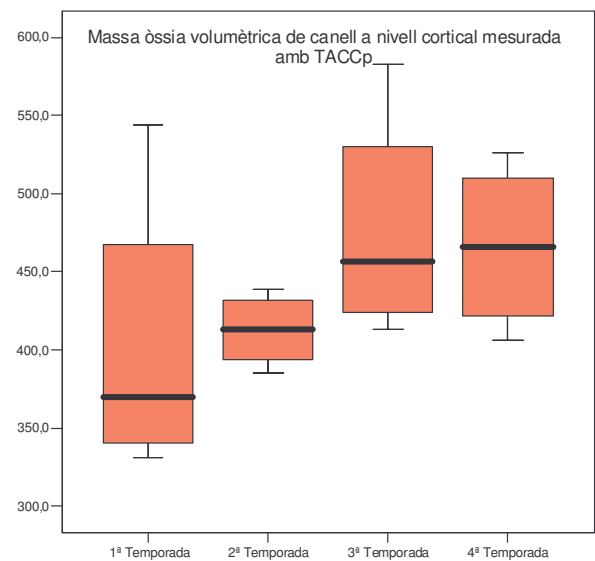


Fig. R-25

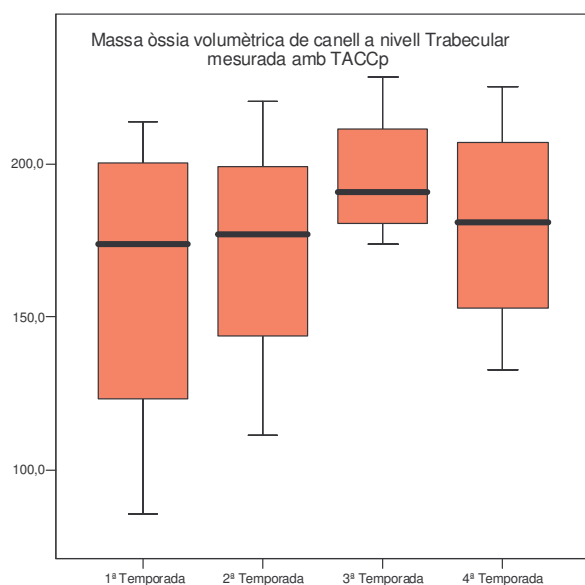


Fig. R-26

El resultat obtingut en la valoració de la densitat mineral òssia amb el registre del TACC a nivell de radi total, cortical i trabecular sembla que mostrin una tendència a l'increment durant les tres primeres temporades de seguiment i un estancament i/o regressió en l'últim any d'estudi.

1.4-. Incidència de fractures

Totes les fractures detectades, abans de l'estudi, van ser d'origen traumàtic. L'únic grup afectat va ser el de les jugadores de bàsquet. A la taula que segueix es presenta la descripció de la fractura i l'edat en què es va produir.

Taula R-18. Fractures patides abans de l'inici de l'estudi			
Tipus de fractura	Edat anys	Freqüència	Percentatge
Fractura amb luxació de colze	6	1	4,5
Fractura cúbit i radi	6	1	4,5
Fractura cúbit i radi	8	1	4,5
Fractura meseta tibial	-	1	4,5
Fractura tibia i peroné	4	1	4,5
Cap fractura	-	17	77,3

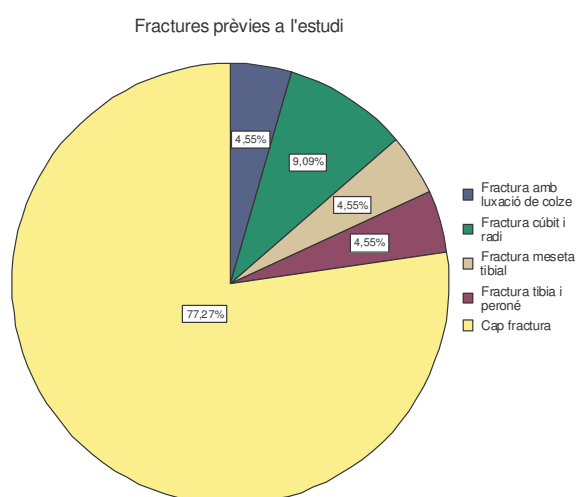


Fig. R-27

No hi va haver cap cas de fractura durant tot el temps de seguiment en cap dels dos grups d'estudi.

2-. COMPARACIONS BASALS DELS GRUPS

Es pretén veure en el moment d'inici de l'estudi comparatiu quines són les característiques que diferencien les jugadores de les estudiants i aquelles similars en ambdós grups.

Per a algunes variables s'ha considerat interessant presentar-les com a còmput de tot l'estudi i tractar-les com una comparació basal.

La prova estadística utilitzada va ser el test t-Student de comparació de mitjanes entre dos grups, per tant, sempre que es parli de p-valor, en aquest apartat es fa referència a la significació d'aquesta prova.

2.1-. Antropometria i edat

La mitjana d'edat de les components del grup d'estudi en l'inici d'aquest va ser de $13,75 \pm 0,57$ i la del grup control de 15 ± 0 anys. L'estudi comparatiu, en el moment basal, es va realitzar a partir del segon any de recollida de dades pel grup d'estudi i el primer pel grup control, a fi que la comparació es realitzés entre grups d'estadi de desenvolupament i mitjana d'edat similar.

En el temps basal, la mitjana de talla de les jugadores de bàsquet era de $183,2 \pm 5,47$, 22 cm superior a la mitjana de les estudiants que fou de $161,25 \pm 5,37$, una diferència estadísticament significativa, com veurem més endavant.

En el mateix moment els seus pesos eren de $60,13 \pm 6,17$ per les estudiants i $73,33 \pm 9,71$ per les jugadores de bàsquet; si calculem l'Índex de Massa Corporal (IMC) va ser de $23,15 \pm 2,36$ i de $21,78 \pm 1,91$ en cada un d'ells.

2.2-. Estadis fisiològics

2.2.1-. Cicle menstrual

L'edat de la menarquia només diferia de 0,1 anys entre els dos grups. Cal dir que les components del grup control no van presentar alteracions del cicle menstrual, en canvi en el grup d'estudi es van comptabilitzar dos casos

d'amenorrea, abans de l'inici de l'estudi, segons elles mateixes van referir, i 6 enregistrats durant l'estudi; la diferència entre ambdós grups en relació amb aquesta variable no fou significativa (p -valor=0,170).

Taula R-19. Cicle menstrual						
		Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor
Menarquia (anys)	Estudiants	12,17	1,72	10	14	0,899
	Jugadores bàsquet	12,27	1,10	10	14	
Amenorrea prèvia a l'inici de l'estudi (mesos)	Estudiants	0,00	0,00	0	0	0,170
	Jugadores bàsquet	0,75	2,08	0	7	
Amenorrea durant l'estudi (mesos)	Estudiants	0,00	0,00	0	0	0,067
	Jugadores bàsquet	1,19	4,40	0	9	

2.2.2.- Estudi hormonal i del metabolisme mineral

Taula R-20. Estudi hormonal								
		Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	Dif X1-X2	p-valor	Lab*
PTH (pmol/L)	Estudiants	3,04	0,74	2,30	3,30	-0,73	0,19	1,5-6,7
	Jugadores de bàsquet	3,77	1,29	2,00	6,00			
Testosterona (nmol/L)	Estudiants	2,18	0,79	1,80	2,50	0,84	0,075	0,3-3,2
	Jugadores de bàsquet	1,34	0,30	0,90	1,70			
Índex testosterona lliure	Estudiants	7,83	2,65	5,2	7,8	5,25	0,072	2-6,2
	Jugadores de bàsquet	2,59	0,98	2,0	4,4			
Estradiol (nmol/L)	Estudiants	0,33	0,37	0,17	0,97	0,14	0,444	≤0,43-1
	Jugadores de bàsquet	0,19	0,15	0,07	0,21			
Progesterona (nmol/L)	Estudiants	3,66	1,03	2	5	-0,73	0,190	2,2-18
	Jugadores de bàsquet	6,22	8,93	1	4			

Lab*, valors de referència del laboratori

La mitjana de l'índex de testosterona lliure, en el grup d'estudiants es va situar 1,63 nmol/L per sobre dels valors de referència del laboratori. La mitjana de les jugadores de bàsquet, en relació amb aquest paràmetre, es va situar dins dels valors de normalitat, tot i que van estar en el llindar baix; la diferència entre els dos grups és notable, però sense arribar a la significació estadística (p -valor=0,072), possiblement a causa de la diferència de la dispersió, que és alta en el grup d'estudiants i baixa en les jugadores de bàsquet, de 2,65 i 0,98 respectivament. El grup d'estudiants surt dels índexs de normalitat, sobrepasant el llindar superior.

La mitjana de la Parathormona, Progesterona, Testosterona i Estradiol va ser en ambdós grups dins el rang de normalitat segons el laboratori, sense que es detectés una diferència significativa entre els valors obtinguts en els dos grups d'estudi.

Taula R-21. Estudi del metabolisme mineral								
		Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	Dif X1-X2	p-valor	Lab*
Calci sèric (mmol/L)	Estudiants	2,55	0,09	2,59	2,63	0,13	0,031	2,15-2,55
	Jugadores de bàsquet	2,42	0,06	2,32	2,51			
Calci sèric corregit (mmol/L)	Estudiants	2,48	,10	2,36	2,60	0,24	0,005	2,23-2,45
	Jugadores de bàsquet	2,24	,03	2,18	2,27			
Fosfat inorgànic (mmol/L)	Estudiants	1,33	0,09	1,33	1,47	0,33	0,646	0,87-1,45
	Jugadores de bàsquet	1,29	0,23	1,04	1,66			
Creatinina sèrica (µmol/L)	Estudiants	81,60	10,07	69	83	3,41	0,512	<97
	Jugadores de bàsquet	78,19	7,43	69	92			
Proteïnes sèriques (g/L)	Estudiants	74,88	3,28	72,9	75,1	0,55	0,777	64-83
	Jugadores de bàsquet	74,33	4,65	69,9	78,0			
Albúmina sèrica (g/L)	Estudiants	43,62	1,92	41,5	46	-6,11	0,000	38-54
	Jugadores de bàsquet	49,73	3,02	45,9	54			
Fosfatasa alcalina (UI/L)	Estudiants	219,20	54,62	189	288	-139,86	0,003	97-250
	Jugadores de bàsquet	359,06	121,88	178	615			
Osteocalcina (microg/L)	Estudiants	12,66	4,87	6,2	19,3	-7,63	0,021	15-33
	Jugadores de bàsquet	20,29	6,36	13,7	32,0			
Calci/creatinina urinària (mmol/mmol)	Estudiants	0,33	0,12	0,16	0,42	0,14	0,094	0,20-0,50
	Jugadores de bàsquet	0,19	0,10	0,50	0,38			
Desoxipiridolina (nmol/mmol creatinina)	Estudiants	10,90	2,72	9,8	14,3	-5,30	0,010	2,5-6,5
	Jugadores de bàsquet	16,20	4,43	9,4	24,3			
Reabsorció tubular de fosfat (%)	Estudiants	90,50	3,70	88	95	0,12	0,958	80-90
	Jugadores de bàsquet	90,38	3,64	82	95			

Lab*, valors de referència del laboratori

Els resultats de la determinació del calci sèric es van situar dintre dels valors de referència del laboratori amb una diferència estadísticament significativa de la prova t-Student (p -valor=0,031), tot i que cal senyalar que la mitjana de les estudiants va estar en el límit superior del rang de referència (2,55 mmol/L). En fer el càlcul del calci sèric corregit varem trobar que els valors del grup de les jugadores de bàsquet va estar en el límit inferior del rang de normalitat, mentre que el de les estudiants va superar el límit superior, amb una diferència que va assolir la significació estadística (p -valor=0,005).

En la determinació de la concentració sèrica d'albumina, la mitjana de la mostra es va situar entre els valors de referència del laboratori, però les jugadores de bàsquet tenien valors superiors respecte a les estudiants, de l'ordre de 6,1 mmol/L, que condueix a un resultat estadísticament significatiu (p -valor<0,001).

El valor obtingut de Fosfatasa Alcalina, pres en la mostra, era extremadament superior al valor de referència pel grup de les jugadores de bàsquet, el superava en 109,06 UI/L, en canvi les estudiants es situaven dintre del rang de normalitat. Si observem la desviació d'aquest paràmetre ens adonem que va ser molt elevada en les jugadores, de l'ordre de 121,88 UI/L, la qual cosa indica que tenim des de resultats baixos a alts, aquest fet és similar en les estudiants, encara que de forma més minsa. En la prova estadística es va trobar una diferència significativa (p -valor=0,003) entre la mitjana de les jugadores de bàsquet ($359,06 \pm 121,88$) i la de les estudiants ($219,20 \pm 54,62$).

En la valoració dels resultats obtinguts de la concentració d'osteocalcina, es pot veure en la taula R- 21 que les estudiants estaven per sota dels valors de referència del laboratori i que el grup de jugadores de bàsquet entraven dins dels marges de normalitat. La diferència de les mitjanes dels dos grups va ser estadísticament significativa (p -valor=0,021).

Es pot observar també en la taula R-21 que la concentració de Desoxipiridolina urinària es trobava per sobre dels valors de referència en el dos grups i de forma més accentuada el grup de les jugadores de bàsquet, la mitjana era de $10,9 \pm 2,72$ per a les estudiants i de $16,20 \pm 4,73$ per a les jugadores, fent que hi hagi significació estadística (p -valor=0,010).

El altres marcadors bioquímics de formació òssia: proteïnes sèriques, quocient entre calci i creatinina urinària i la reabsorció tubular de fosfat es van situar dintre dels valors de referència del laboratori amb diferències estadísticament no significatives de la prova t-Student.

2.3-. Ingesta de calci

La ingesta mínima de calci observada va ser de 650 mg per a les estudiants i de 750 mg per a les jugadores de bàsquet, la màxima d'ingesta va ser de 1100 i 1950 mg respectivament, amb una mitjana de $858,33 \pm 165,58$ pel grup físicament no actiu i de $1472,73 \pm 381,36$ per les jugadores de bàsquet, grup en què observem una variabilitat d'ingesta de calci gran. Es va obtenir en la prova t-Student de comparació de mitjanes un p-valor inferior a 0,001, que ens diu, per tant, que la diferència notada és estadísticament significativa.

Taula R-22. Ingesta diària de calci						
		Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor
Ingesta calci (mg per dia)	Estudiants	858,33	165,58	650	1100	0,000
	Jugadores Bàsquet	1472,73	381,36	750	1950	

2.4-. Factors tòxics

La totalitat de la mostra estudiada es va declarar no fumadora i abstèmia.

El consum de cafè observat en la nostra mostra va ser mínim, només 4 components del grup d'estudi (25%) consumien cafè, aquestes 4 noies consumien entre 2 i 7 tasses setmanals, essent la mitjana d'ingesta de cafè per a aquest grup de 1 ± 2 tasses setmanals. En canvi, en el grup control, cap de les estudiants prenia cafè.

Taula R-23. Ingesta setmanal de cafè					
		Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.
Cafè (tasses setmanals)	Estudiants	,00	,00	0	0
	Jugadores Bàsquet	1,13	2,40	0	7

L'escassa incidència d'hàbits tòxics en la totalitat de la mostra fa que no s'hagi valorat la relació amb la massa òssia, ja que els dos grups presenten una equivalent absència de consum de tabac, alcohol i cafè.

2.5-. Incidència de fractures

En la revisió dels antecedents patològics de la mostra estudiada, no es va detectar cap cas de fractura en el grup d'estudiants, mentre que hi havia 5 casos en el grup de jugadores de bàsquet.

Totes les fractures detectades en les jugadores, van ser d'origen traumàtic, en la taula R-18, vista en l'apartat descriptiu, es presenta la descripció de la fractura i l'edat en què es va produir.

2.6-. Exercici físic previ a l'estudi

No s'aprecien diferències significatives quant a les hores dedicades a l'exercici físic de les estudiants i les hores dedicades per les jugadores abans del seu ingrés en el programa de tecnificació de la residència Blume. En el moment de la comparació basal, les jugadores de bàsquet han augmentat de forma important les hores d'exercici i en canvi les estudiants han mantingut una activitat similar a la prèvia de l'estudi.

3-. COMPARACIONS ENTRE ELS DOS GRUPS DURANT LES TEMPORADES DE SEGUIMENT

En aquest apartat s'utilitzarà la següent notació. "Variable" designa la característica que estem estudiant, "factor" és l'atribut que discrimina la mostra en els diferents grups de comparació, que seran els següents tres, en gairebé tots els casos: *grup d'estudi*: jugadores de bàsquet versus estudiants; *temps*: segona, tercera i quarta temporada; *temps per grups d'estudi*: cada una de les tres temporades en cada un dels dos grups d'estudi.

Els contrastos estadístics usats en aquest apartat són: la prova t-Student de comparació de mitjanes per a veure si hi ha diferències entre els dos grups d'estudi en cada una de les temporades, i el test ANOVA de dos factors amb un de mesures repetides per a veure les diferències en l'evolució dels dos grups d'estudi al llarg de les tres temporades. Així els p-valors fan referència a la significació d'aquestes proves segons l'objectiu de comparació.

3.1-. Antropometria

Les comparacions realitzades en cada una de les temporades d'estudi entre les components del grup de jugadores de bàsquet i el d'estudiants van mostrar una diferència significativa en relació amb la talla i el pes al llarg de tot el seguiment, sempre major en les jugadores de bàsquet.

Taula R-24. Comparació de les dades antropomètriques en cada una de les temporades							
Variable	Temporada d'estudi	Grup	Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor
Pes (Kg)	Primera temporada	Estudiants					*
		Jugadores Bàsquet	67,03	9,86	55,2	91,7	
	Segona temporada	Estudiants	60,13	6,17	65	67	0,002
		Jugadores Bàsquet	73,33	9,71	63	87,5	
	Tercera temporada	Estudiants	62,47	6,02	63	68,2	0,045
		Jugadores Bàsquet	74,33	8,63	64	92	
	Quarta temporada	Estudiants	62,57	3,50	62,7	66	0,003
		Jugadores Bàsquet	75,34	8,02	66	93	
Talla (cm)	Primera temporada	Estudiants					*
		Jugadores Bàsquet	180,69	5,39	173	190	
	Segona temporada	Estudiants	161,25	5,37	161,3	166,7	0,002
		Jugadores Bàsquet	183,20	5,47	174,5	192,5	
	Tercera temporada	Estudiants	164,27	5,73	166,3	168,7	0,045
		Jugadores Bàsquet	183,96	5,26	176	194	
	Quarta temporada	Estudiants	165,77	7,51	166,3	173	0,003
		Jugadores Bàsquet	184,50	5,15	177	195	
IMC	Primera temporada	Estudiants					*
		Jugadores Bàsquet	20,45	2,10	16,85	24,40	
	Segona temporada	Estudiants	23,15	2,36	24,11	24,98	0,179
		Jugadores Bàsquet	21,78	1,91	19,22	24,20	
	Tercera temporada	Estudiants	23,10	,75	22,78	23,96	0,314
		Jugadores Bàsquet	21,93	1,87	19,08	24,49	
	Quarta temporada	Estudiants	22,79	,80	22,05	22,67	0,321
		Jugadores Bàsquet	22,09	1,58	19,98	24,46	

*No procedeix

A la fig. R-28 es mostra com la diferència de les mitjanes del pes va augmentant al llarg de les tres temporades de comparació, sense que es pugui veure un resultat significatiu de la prova, possiblement provocat pel biaix introduït per la gran dispersió.

La talla va ser significativament major en les jugadores de bàsquet (p-valor=0,001). El creixement al llarg de l'estudi va ser més accentuat pel grup

d'estudiants, així podem veure en la fig. R-29 un perfil diferent entre els dos grups i una significació estadística en el prova ANOVA (p-valor<0,001).

El IMC presenta una evolució diferent en el temps en un i altra grup: experimenta un progressiu increment en les jugadores i una disminució més accentuada en les estudiants. Aquesta diferència assoleix la significació estadística (p-valor=0,003).

Taula R-25. Anàlisi de mesures repetides de la DMO vertebral lumbar, mesurada amb DEXA		
Variable	Factor	P-valor
Pes (Kg)	Temps	0,744
	Grups d'estudi	0,158
	Temps per grup estudi	0,108
Talla (cm)	Temps	0,000
	Grups d'estudi	0,001
	Temps per grup estudi	0,000
IMC	Temps	0,049
	Grups d'estudi	0,214
	Temps per grup estudi	0,003

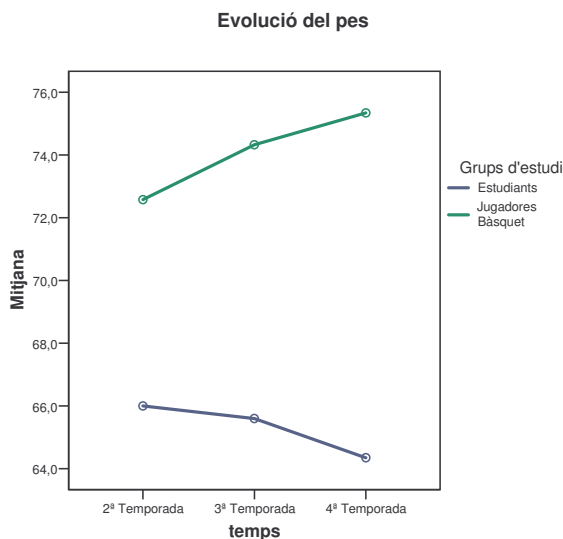


Fig. R-28

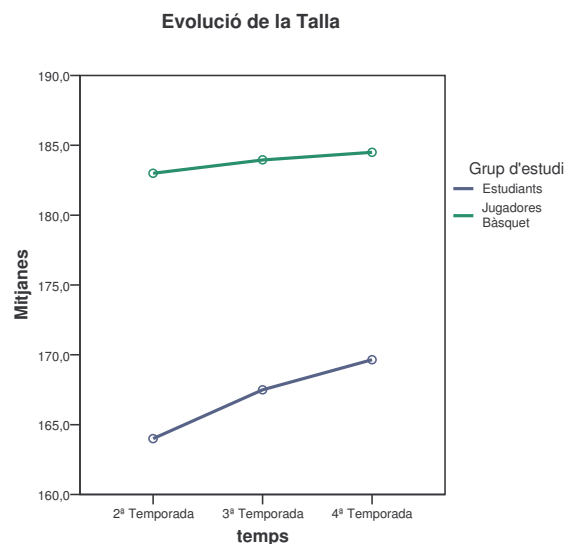


Fig. R-29

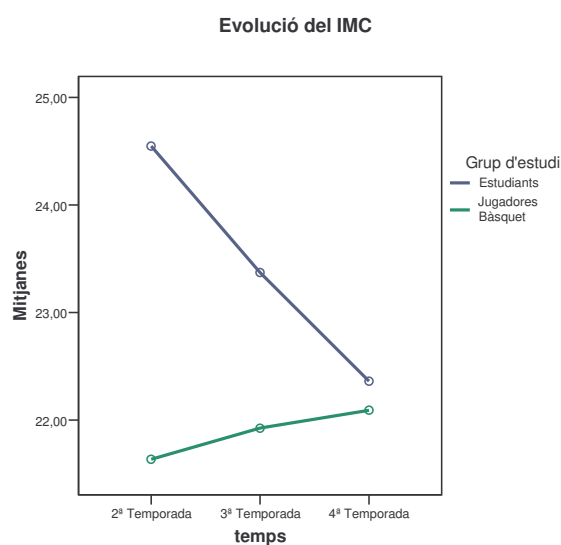


Fig. R-30

3.2-. Exercici físic

Les hores d'exercici físic realitzades per temporada va ser major en el grup de jugadores de bàsquet en totes les temporades de seguiment, amb una diferència estadísticament significativa (p -valor $<0,001$) en cada cas. Aquesta diferència va augmentar lleugerament en el temps, sense arribar a poder concloure que l'evolució és estadísticament diferent en els dos grups (p -valor=689), ja que el grup d'estudiants va presentar una sensible disminució de les hores dedicades a l'exercici físic en la tercera temporada de l'estudi.

Taula R-26. Comparació de les hores d'exercici físic en cada una de les temporades

Variable	Temporada d'estudi	Grup	Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor
Hores exercici físic	Primera temporada	Estudiants					*
		Jugadores Bàsquet	779,50	175,77	219	1019	
	Segona temporada	Estudiants	176,40	148,65	72	432	0,000
		Jugadores Bàsquet	733,94	120,59	540	906	
	Tercera temporada	Estudiants	86,40	32,20	72	144	0,000
		Jugadores Bàsquet	753,25	229,87	266	1066	
	Quarta temporada	Estudiants	122,40	70,18	72	216	0,000
		Jugadores Bàsquet	788,91	248,62	310	1006	

*No procedeix

Evolució de les hores d'exercici físic per temporada

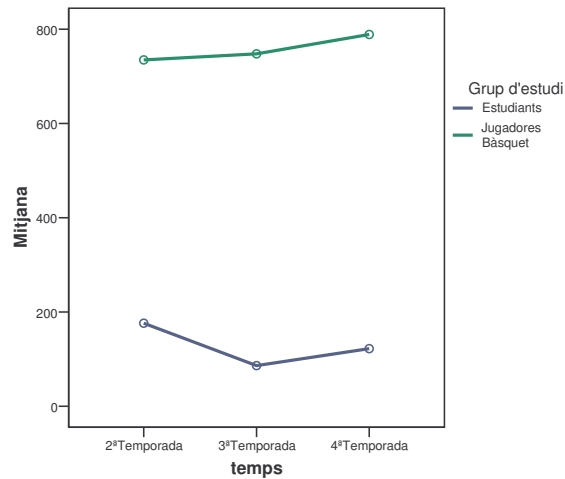


Fig. R-31

3.3-. Massa òssia vertebral

3.3.1-. Densitat òssia

La DMO vertebral lumbar (en g/cm^2) no va mostrar diferències significatives entre els dos grups d'estudi en cap de les tres temporades estudiades, remarcant que la quarta temporada de seguiment la mitjana de la DMO del grup d'estudiants va experimentar una involució, en aquest moment la diferència entre els dos grups va estar en el límit de la significació estadística ($p\text{-valor}=0,058$). Veiem que l'evolució d'aquesta variable (Taula R-28 i fig. R-32) va estar en relació amb el temps ($p\text{-valor}<0,001$) i que l'increment experimentat al llarg de tot el seguiment va ser significativament major en les jugadores de bàsquet ($p\text{-valor}=0,014$), és a dir, la DMO és diferent en els dos grups i amb patró d'evolució diferent.

Variable	Temporada d'estudi	Grup	Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor
DEXA vertebral	Primera temporada	Estudiants	*
		Jugadores Bàsquet	1,10	,13	,93	1,40	
	Segona temporada	Estudiants	1,06	,09	,91	1,18	0,121
		Jugadores Bàsquet	1,15	,12	,97	1,39	
	Tercera temporada	Estudiants	1,10	,10	,97	1,21	0,157
		Jugadores Bàsquet	1,20	,13	1,40	1,43	
	Quarta temporada	Estudiants	1,07	,11	,92	1,20	0,058
		Jugadores Bàsquet	1,21	,13	1,02	1,43	

*No procedeix

Variable	Factor	p-valor
DEXA vertebral	Temps	0,000
	Grups d'estudi	0,243
	Temps per grup estudi	0,014

Evolució de la DMO vertebral lumbar mesurada amb DEXA

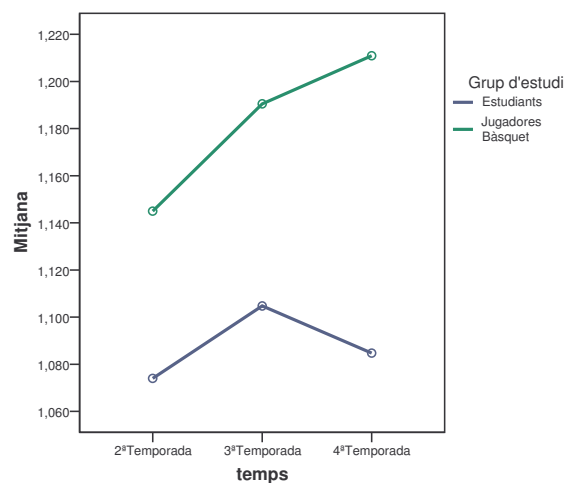


Fig. R-32

3.3.2-. Contingut mineral ossi

Es va observar un major contingut mineral ossi lumbar (en g) en el grup de jugadores de bàsquet al llarg de les tres temporades de seguiment, amb una significació estadística en totes les comparacions anuals (Taula R-29). Aquesta significació es va manifestar, també, en fer la comparació global del dos grups durant tot l'estudi (p-valor=0,008). Els valors de CMO lumbar van experimentar un increment significatiu en el temps (p-valor=0,001). L'augment de la CMO al llarg del temps va ser més gran per a les jugadores de bàsquet en relació amb les estudiants (p-valor=0,007), que van experimentar una disminució en els registres de l'últim control en relació amb l'anterior. Aquest comportament ja s'havia observat en la DMO vertebral lumbar.

Taula R-29. Comparació del CMO vertebral lumbar, mesurat amb DEXA, en cada una de les temporades d'estudi								
Variable	Temporada d'estudi	Grup	Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor	
DEXA vertebral	CMO (g)	Primera temporada	Estudiants	.	.		*	
			Jugadores Bàsquet	67,44	11,14	51,78		87,70
		Segona temporada	Estudiants	55,29	8,12	42,85	66,68	0,002
			Jugadores Bàsquet	72,319	10,38	57,31	94,51	
		Tercera temporada	Estudiants	55,999	9,46	45,59	68,35	0,010
			Jugadores Bàsquet	77,11	10,72	61,16	93,23	
		Quarta temporada	Estudiants	56,42	9,22	43,39	68,10	0,002
			Jugadores Bàsquet	79,04	9,90	64,33	95,84	

*No procedeix

Taula R-30. Anàlisi de mesures repetides del CMO vertebral lumbar, mesurat amb DEXA			
Variable	Factor	p-valor	
DEXA vertebral	CMO (g)	Temps	0,001
		Grups d'estudi	0,008
		Temps per grup estudi	0,007

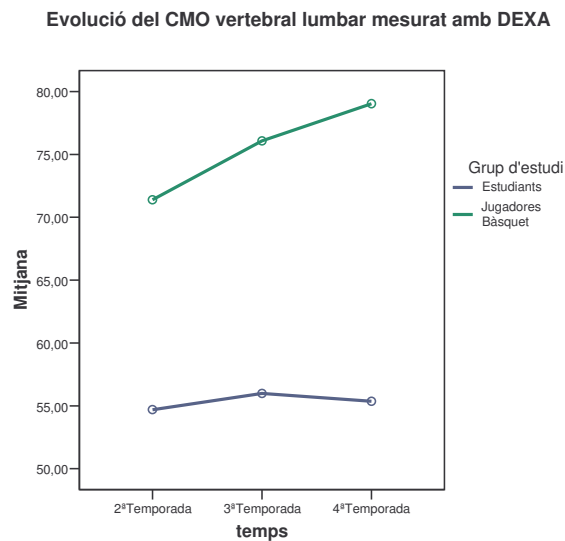


Fig R-33

3.4-. Massa òssia femoral

3.4.1-. Densitat mineral òssia

La densitat mineral òssia es va comparar en cada una de les temporades i al llarg de tot l'estudi en les diferents àrees d'interès. En totes les àrees la mitjana dels valors obtinguts van ser majors en les jugadores de bàsquet. La diferència de les mesures obtingudes a nivell de la regió intertrocantèria i el triangle de Ward no va arribar a la significació estadística i es va poder constatar que l'evolució en el temps de les dues variables seguia una trajectòria similar en els dos grups, tots els p-valors obtinguts van ser més grans de 0,05.

La mitjana dels valors de DMO a nivell femoral total va ser major en les jugadores de bàsquet en totes les temporades de seguiment, de forma significativa només en la última temporada (p-valor=0,032). En la segona i tercera temporada no es pot concloure de forma rotunda que hi hagi diferències significatives, però donat que els p-valors obtinguts són de 0,05 i 0,053 respectivament, i observant els valors de les mitjanes, podem dir que s'intueix una tendència a la significació estadística. En l'anàlisi de mesures repetides es va poder constatar que la DMO de la mostra, en aquesta àrea d'estudi, va experimentar un increment significatiu al llarg de tot el seguiment (p-

valor=0,027), essent major en les jugadores de bàsquet i de forma evolutiva significativament diferent (p-valor=0,024).

La DMO en el coll femoral va ser superior en les jugadores de bàsquet. La primera comparació anual va estar en el límit de la significació estadística (p-valor=0,053). Aquesta ja es va assolir en les dues següents temporades (p=0,010 i 0,024), on la mitjana dels registres de les jugadores de bàsquet va ser clarament major. La DMO en aquesta àrea no va canviar de forma significativa en el temps (p-valor=0,309). El perfil dels dos grups en el temps pel que fa a la DMO es va comportar de forma significativament diferent (p-valor=0,046), mentre en el grup de jugadores de bàsquet va augmentar en el segon registre respecte al primer i va disminuir lleugerament entre el segon i tercer registre, el grup d'estudiants va mostrar una tendència decreixent al llarg dels tres controls realitzats (Fig. R-35).

Les jugadores de bàsquet van tenir una DMO al trocànter femoral significativament superior a les estudiants en totes i cada una de les temporades. Aquesta diferència va anar augmentant de forma significativa (p-valor=0,024) en el decurs de les temporades. Podem dir que els dos grups d'estudi van estar a nivells de DMO diferents i amb evolució diferent. Els patrons seguits per cada un dels grups van ser els mateixos que els explicats per la DMO a nivell del coll del fèmur, tal i com es pot apreciar en la fig. R-36.

La DMO a nivell de regió intertrocantèria va experimentar un increment significatiu (p-valor=0,037) en el temps, sense que aquest provoqués diferències entre els dos grups (p-valor=0,165).

A l'àrea del triangle de Ward l'increment de la DMO va ser molt lleuger en la totalitat de la mostra estudiada (p-valor=0,126). L'evolució dels resultats en el temps va ser similar en les jugadores de bàsquet i les estudiants (p-valor=0,691). La mitjana dels valors de la tercera temporada en relació amb la segona van experimentar un increment i, després, un lleuger decliu en la quarta respecte a la tercera, essent una mica més pronunciat en el grup d'estudiants (Fig. R-38).

Taula R-31. Comparació de la DMO femoral, mesurada amb DEXA, en cada una de les temporades d'estudi								
Variable	Temporada d'estudi	Grup	Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor	
DEXA Femoral DMO (g/cm ²)	Fèmur total	Primera temporada	Estudiants	.	.			*
			Jugadores Bàsquet	1,06	,091	,91	1,26	
		Segona temporada	Estudiants	,99	,11	,81	1,14	0,050
			Jugadores Bàsquet	1,11	,08	,95	1,22	
		Tercera temporada	Estudiants	1,00	,13	,83	1,14	0,053
			Jugadores Bàsquet	1,16	,09	1,00	1,30	
		Quarta temporada	Estudiants	,99	,12	,83	1,12	0,032
			Jugadores Bàsquet	1,16	,10	1,00	1,28	
	Coll femoral	Primera temporada	Estudiants	.	.			*
			Jugadores Bàsquet	1,00	,11	,81	1,22	
		Segona temporada	Estudiants	,95	,09	,88	1,11	0,053
			Jugadores Bàsquet	1,05	,12	,88	1,26	
		Tercera temporada	Estudiants	,95	,10	,87	1,10	0,010
			Jugadores Bàsquet	1,12	,11	,92	1,31	
		Quarta temporada	Estudiants	,94	,12	,82	1,12	0,024
			Jugadores Bàsquet	1,12	,11	,91	1,25	
	Trocànter femoral	Primera temporada	Estudiants	.	.			*
			Jugadores Bàsquet	,87	,10	,69	1,06	
		Segona temporada	Estudiants	,78	,09	,61	,87	0,021
			Jugadores Bàsquet	,90	,08	,79	1,01	
		Tercera temporada	Estudiants	,77	,09	,61	,86	0,010
			Jugadores Bàsquet	,94	,08	,82	1,07	
		Quarta temporada	Estudiants	,76	,09	,60	,82	0,009
			Jugadores Bàsquet	,93	,09	,80	1,06	
Regió intertrocanterària	Primera temporada	Estudiants	.	.			*	
		Jugadores Bàsquet	1,18	,09	1,00	1,37		
	Segona temporada	Estudiants	1,13	,15	,91	1,32	0,117	
		Jugadores Bàsquet	1,2	,08	1,10	1,36		
	Tercera temporada	Estudiants	1,13	,22	,83	1,36	0,197	
		Jugadores Bàsquet	1,28	,10	1,12	1,44		
	Quarta temporada	Estudiants	1,15	,17	,93	1,32	0,112	
		Jugadores Bàsquet	1,30	,10	1,14	1,41		
Triangle de Ward	Primera temporada	Estudiants	.	.			*	
		Jugadores Bàsquet	,98	,12	,81	1,15		
	Segona temporada	Estudiants	,93	,11	,81	1,07	0,096	
		Jugadores Bàsquet	1,04	,14	,82	1,22		
	Tercera temporada	Estudiants	,97	,13	,85	1,13	0,069	
		Jugadores Bàsquet	1,12	,15	,82	1,27		
	Quarta temporada	Estudiants	,94	,14	,79	1,09	0,108	
		Jugadores Bàsquet	1,08	,13	,81	1,24		

*No procedeix

Taula R-32. Anàlisi de mesures repetides de la DMO femoral, mesurada amb DEXA			
Variable		Factor	p-valor
DEXA femoral DMO (g/cm ²)	Femoral total	Temps	0,027
		Grups d'estudi	0,025
		Temps per grup estudi	0,024
	Coll femoral	Temps	0,309
		Grups d'estudi	0,019
		Temps per grup estudi	0,046
	Trocànter femoral	Temps	0,534
		Grups d'estudi	0,007
		Temps per grup estudi	0,024
	Regió intertrocantèria	Temps	0,037
		Grups d'estudi	0,082
		Temps per grup estudi	0,165
	Triangle de Ward	Temps	0,126
		Grups d'estudi	0,105
		Temps per grup estudi	0,691

Gràfics de perfil de la DMO femoral

Evolució de la DMO a Fèmur Total mesurada amb DEXA

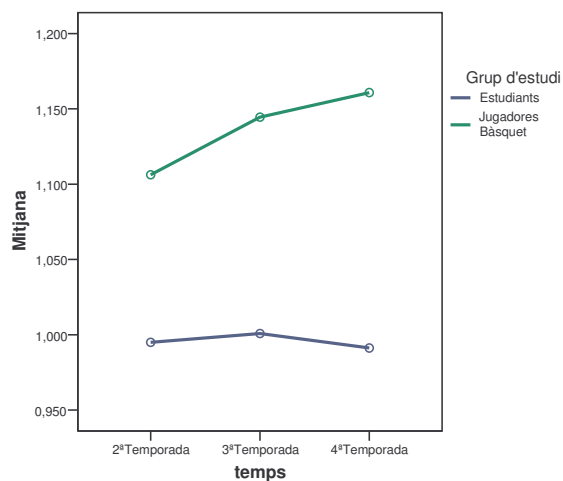


Fig. R-34

Evolució de la DMO a Coll Femoral mesurada amb DEXA

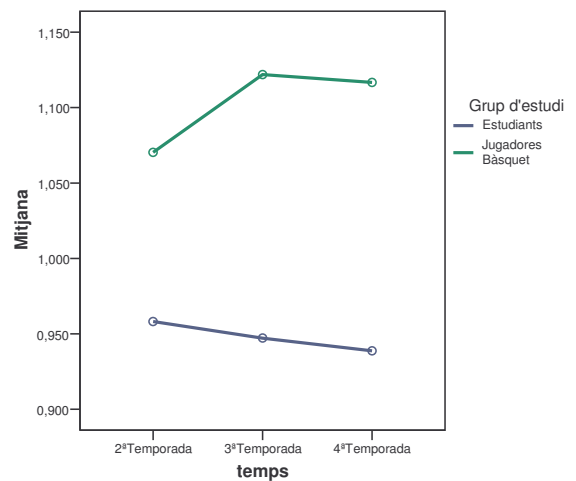


Fig. R-35

Evolució de la DMO a Trocànter Femoral mesurada amb DEXA

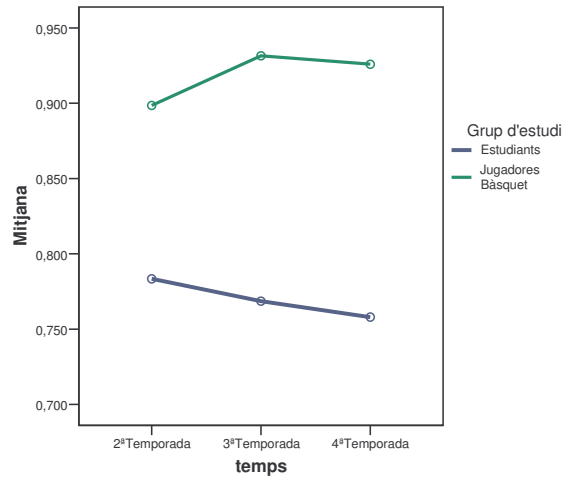


Fig. R-36

Evolució de la DMO a Regió Intertrocantèria mesurada amb DEXA

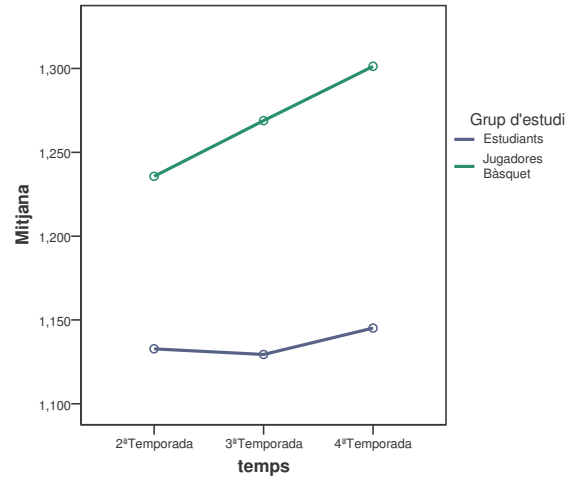


Fig R-37

Evolució de la DMO a Triangle de Ward mesurada amb DEXA

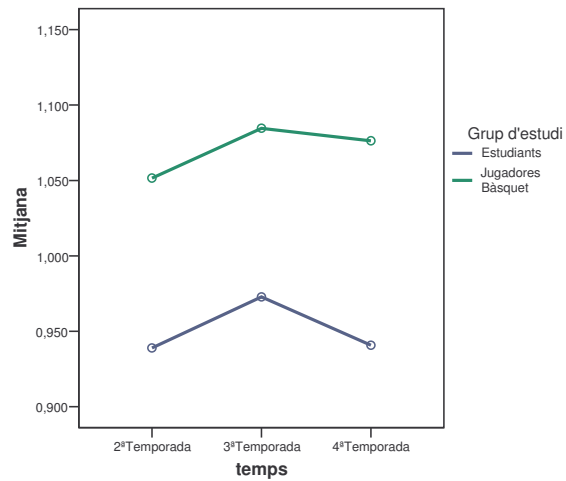


Fig R-38

3.4.2-. Contingut mineral ossi

De la mateixa manera que la densitat, el contingut mineral ossi de les jugadores de bàsquet va ser major en totes les àrees estudiades i en cada una de les temporades. En tots els casos els resultats van ser significativament diferents (veure taula R-33), a excepció de l'àrea del triangle de Ward on no es va assolir la significació estadística en cap de les tres comparacions anuals.

En la taula R-34, on es presenta l'anàlisi d'ANOVA amb mesures repetides es mantenen les diferències de quantitat de CMO en totes les àrees, excepte el triangle de Ward, entre els dos grups d'estudi; aquesta diferència no varia entre temporades (p -valors $>0,05$) ni evoluciona de forma diferent al llarg dels registres anuals (p -valors $>0,05$) entre els dos grups.

Taula R-33. Comparació del CMO femoral, mesurat amb DEXA en cada una de les temporades d'estudi								
Variable	Temporada d'estudi	Grup	Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor	
DEXA Femoral CMO (g)	Fèmur total	Primera temporada	Estudiants	.	.		*	
			Jugadores Bàsquet	38,41	4,49	30,96		47,10
		Segona temporada	Estudiants	29,25	4,81	23,34	37,54	0,001
			Jugadores Bàsquet	40,76	3,94	34,20	46,21	
		Tercera temporada	Estudiants	29,59	5,45	23,33	37,91	0,002
			Jugadores Bàsquet	43,10	5,07	33,47	48,34	
		Quarta temporada	Estudiants	29,01	5,22	23,48	37,06	0,002
			Jugadores Bàsquet	43,05	4,49	35,68	48,95	
	Coll femoral	Primera temporada	Estudiants	.	.		*	
			Jugadores Bàsquet	5,58	,65	4,93		6,90
		Segona temporada	Estudiants	4,62	,81	3,96	6,12	0,007
			Jugadores Bàsquet	5,97	,78	5,12	7,28	
		Tercera temporada	Estudiants	4,73	,83	4,01	6,09	0,007
			Jugadores Bàsquet	6,41	,63	5,56	7,50	
		Quarta temporada	Estudiants	4,65	,69	4,03	5,76	0,003
			Jugadores Bàsquet	6,37	,41	5,77	7,08	
	Trocànter femoral	Primera temporada	Estudiants	.	.		*	
			Jugadores Bàsquet	9,50	1,20	7,12		11,28
		Segona temporada	Estudiants	7,15	1,49	5,31	9,57	0,003
			Jugadores Bàsquet	10,12	1,18	7,47	11,96	
		Tercera temporada	Estudiants	6,87	1,73	5,25	9,82	0,006
			Jugadores Bàsquet	10,43	1,48	7,53	12,52	
		Quarta temporada	Estudiants	6,79	1,90	4,85	9,92	0,012
			Jugadores Bàsquet	10,21	1,21	7,58	11,96	
	Regió intertrocàntèria	Primera temporada	Estudiants	.	.		*	
			Jugadores Bàsquet	23,33	3,39	17,75		30,28
		Segona temporada	Estudiants	17,48	2,66	14,07	21,84	0,000
			Jugadores Bàsquet	24,46	3,05	18,89	28,21	
Tercera temporada		Estudiants	17,99	3,16	13,91	22,00	0,001	
		Jugadores Bàsquet	26,28	3,65	18,65	29,27		
Quarta temporada		Estudiants	17,56	2,93	14,61	21,38	0,000	
		Jugadores Bàsquet	26,46	3,76	20,13	31,66		
Triangle de Ward	Primera temporada	Estudiants	.	.		*		
		Jugadores Bàsquet	1,15	,17	0,91		1,40	
	Segona temporada	Estudiants	1,12	,16	0,87	1,34	0,350	
		Jugadores Bàsquet	1,20	,19	0,82	1,44		
	Tercera temporada	Estudiants	1,16	,16	0,99	1,37	0,114	
		Jugadores Bàsquet	1,32	,21	0,90	1,51		
	Quarta temporada	Estudiants	1,13	,19	0,87	1,36	0,238	
		Jugadores Bàsquet	1,26	,20	0,82	1,55		

*No procedeix

Taula R-34. Anàlisi de mesures repetides del CMO femoral, mesurat amb DEXA			
Variable		Factor	p-valor
DEXA femoral CMO (g)	Femoral total	Temps	0,154
		Grups d'estudi	0,000
		Temps per grup estudi	0,065
	Coll femoral	Temps	0,284
		Grups d'estudi	0,001
		Temps per grup estudi	0,312
	Trocànter femoral	Temps	0,805
		Grups d'estudi	0,001
		Temps per grup estudi	0,166
	Regió intertrocanterària	Temps	0,080
		Grups d'estudi	0,000
		Temps per grup estudi	0,095
	Triangle de Ward	Temps	0,146
		Grups d'estudi	0,270
		Temps per grup estudi	0,700

Evolució del CMO a Fèmur Total mesurat amb DEXA

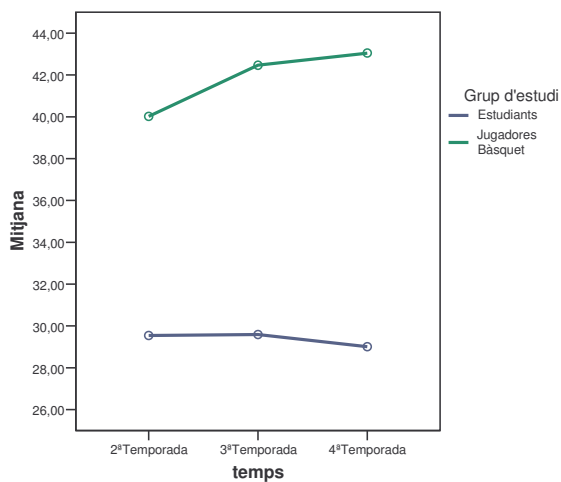


Fig. R-39

Evolució del CMO a Coll Femoral mesurat amb DEXA

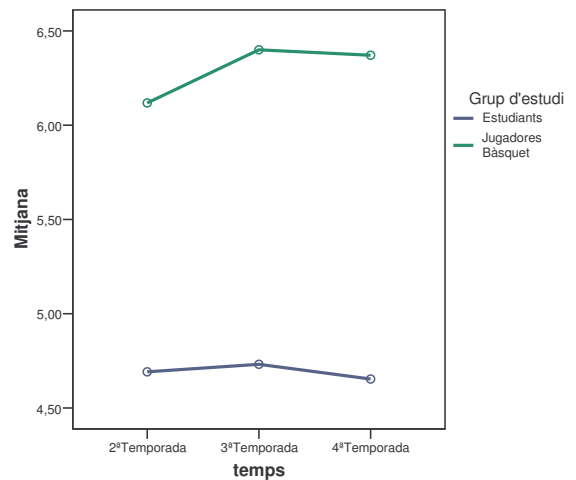


Fig. R-40

Evolució del CMO a Trocànter Femoral mesurat amb DEXA

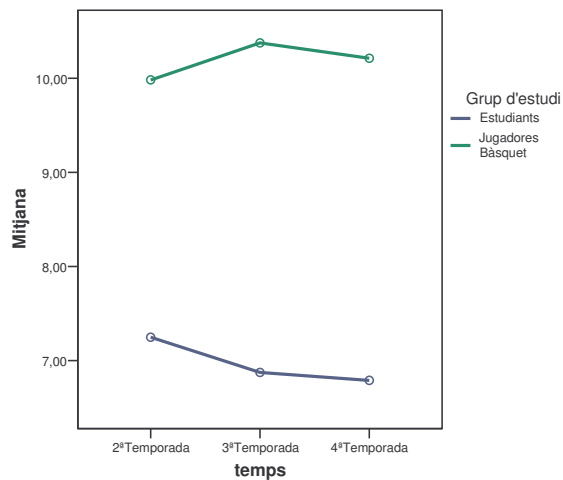


Fig. R-41

Evolució del CMO a Regió Intertrocanèria mesurat amb DEXA

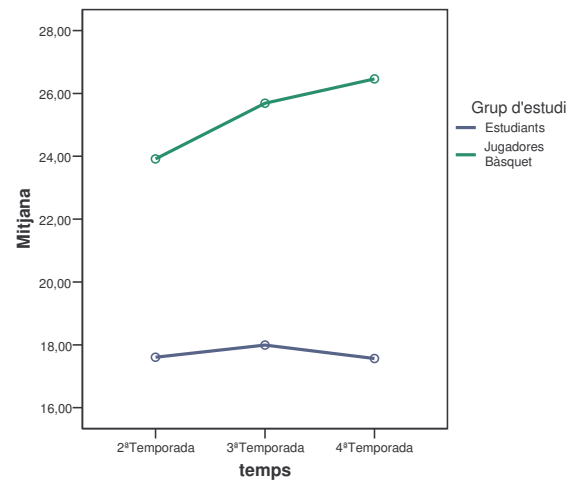


Fig. R-42

Evolució del CMO a Triangle de Ward mesurat amb DEXA

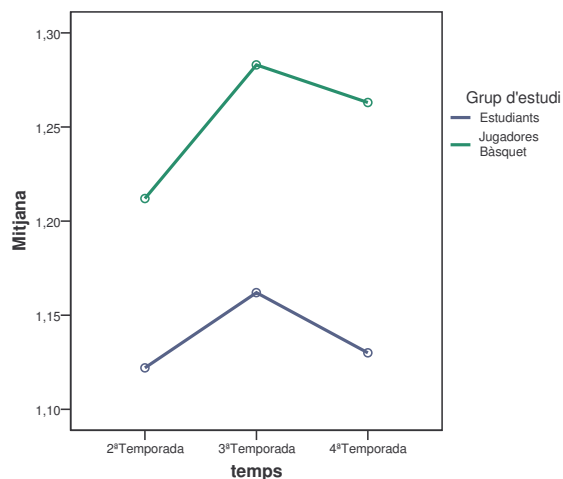


Fig. R-43

3.5-. Massa òssia del canell

3.5.1-. Densitat mineral òssia

Els valors de DMO obtinguts en les tres àrees d'estudi a nivell radial van ser majors en les jugadores de bàsquet respecte a les estudiants, a excepció dels enregistrats per a la primera comparació a nivell de radi distal, on les estudiants igualaven les jugadores. En la resta de comparacions anuals només es va arribar a la significació estadística en la primera comparació a nivell de radi ultradistal, on els valors de la DMO van ser significativament majors en les jugadores de bàsquet (p-valor=0,027).

En l'anàlisi de mesures repetides es va poder observar una diferència significativa ($p\text{-valor}=0,035$) entre els dos grups d'estudi en la DMO a nivell de radi ultradistal. La DMO en aquesta àrea va disminuir en el segon control de l'estudi comparatiu en les jugadores de bàsquet i es va mantenir en el tercer, mentre que en les estudiants va romandre pràcticament invariable. En l'àrea ultradistal podem dir que les jugadores i les estudiants evolucionen de forma equivalent al llarg del temps, però a nivells diferents.

La DMO a nivell de radi distal va augmentar de forma significativa ($p\text{-valor}<0,001$) durant el temps de seguiment. L'increment va ser significativament major ($p\text{-valor}=0,016$) en les jugadores de bàsquet, que en el primer control de l'estudi comparatiu presentaven uns registres lleugerament inferiors als de les estudiants. Clarament la DMO en el radi distal no segueix el mateix esquema d'evolució en les estudiants i en les jugadores, tot i presentar valors dins del mateix rang.

La mitjana dels valors de DMO a nivell de radi cortical van mostrar un increment significatiu en el temps ($p\text{-valor}<0,001$) amb una evolució similar en els dos grups d'estudi entre el primer i segon control i un increment menor en les estudiants en el tercer control, sense diferències significatives entre els dos grups.

Taula R-35. Comparació de la DMO radial, mesurada amb DEXA, en cada una de les temporades d'estudi

Variable	Temporada d'estudi	Grup	Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor		
DEXA radial DMO (g/cm ²)	Ultradistal	Primera temporada	Estudiants	.	.		*		
			Jugadores Bàsquet	,46	,04	,38		,53	
		Segona temporada	Estudiants	,43	,03	,38	,47	0,027	
			Jugadores Bàsquet	,47	,04	,46	,53		
		Tercera temporada	Estudiants	,43	,04	,38	,48	0,089	
			Jugadores Bàsquet	,47	,03	,41	,53		
		Quarta temporada	Estudiants	,43	,04	,37	,47	0,162	
			Jugadores Bàsquet	,46	,03	,43	,51		
		Distal	Primera temporada	Estudiants	.	.		*	
				Jugadores Bàsquet	,48	,03	,45		,52
			Segona temporada	Estudiants	,52	,04	,47	,58	0,771
				Jugadores Bàsquet	,52	,03	,49	,56	
	Tercera temporada		Estudiants	,53	,03	,51	,58	0,363	
			Jugadores Bàsquet	,55	,03	,51	,58		
	Quarta temporada		Estudiants	,53	,03	,50	,57	0,137	
			Jugadores Bàsquet	,55	,02	,53	,58		
	Cortical		Primera temporada	Estudiants	.	.		*	
				Jugadores Bàsquet	,61	,03	,58		,65
			Segona temporada	Estudiants	,61	,05	,57	,70	0,344
				Jugadores Bàsquet	,64	,04	,59	,69	
		Tercera temporada	Estudiants	,63	,05	,59	,72	0,419	
			Jugadores Bàsquet	,66	,03	,61	,70		
		Quarta temporada	Estudiants	,63	,06	,59	,73	0,318	
			Jugadores Bàsquet	,66	,03	,62	,70		

*No procedeix

Taula R-36. Anàlisi de mesures repetides de la DMO radial mesurada amb DEXA			
Variable	Factor	p-valor	
DEXA radial DMO (g/cm ²)	Ultradistal	Temps	0,301
		Grups d'estudi	0,035
		Temps per grup estudi	0,303
	Distal	Temps	0,000
		Grups d'estudi	0,705
		Temps per grup estudi	0,016
	Cortical	Temps	0,000
		Grups d'estudi	0,414
		Temps per grup estudi	0,226

Evolució de la DMO a Radi Ultradistal mesurada amb DEXA

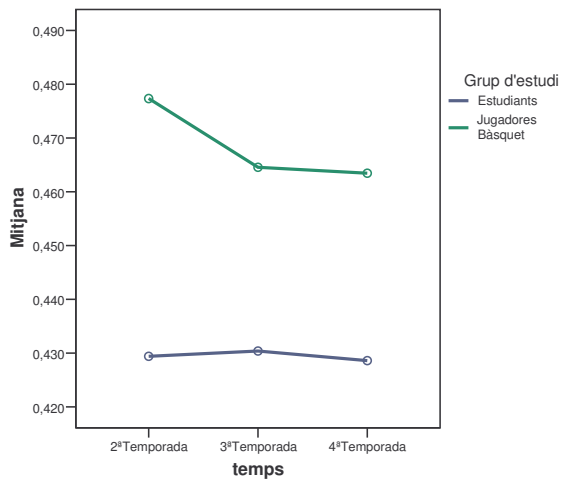


Fig. R-44

Evolució de la DMO a Radi Distal mesurada amb DEXA

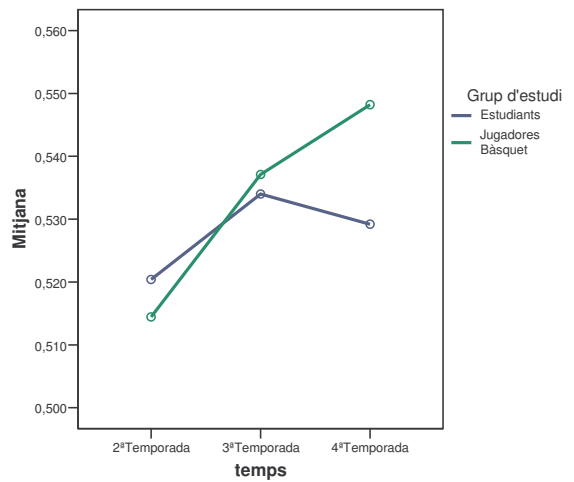


Fig. R-45

Evolució de la DMO a Radi Cortical mesurada amb DEXA

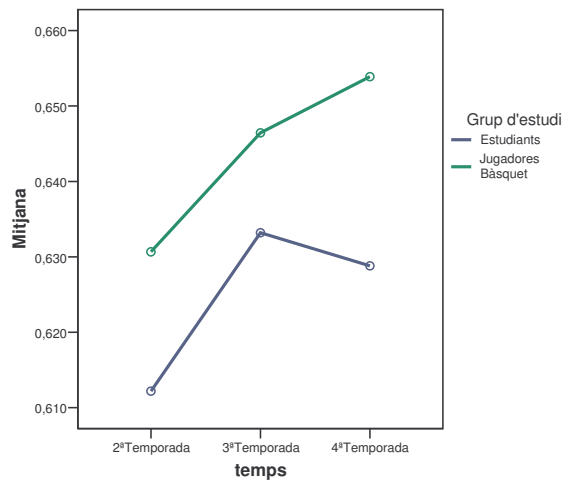


Fig. R-46

3.5.2-. Contingut mineral ossi

Els registres obtinguts de CMO en totes les àrees d'estudi va ser superior en les jugadores de bàsquet en cada un dels controls realitzats. Aquesta diferència va assolir la significació estadística en totes les proves (Taula R-37)

En l'anàlisi de mesures repetides es va poder observar que les diferències significatives en contingut mineral ossi a nivell de les tres regions d'interès, el factor grup d'estudi continuava tenint significança; en canvi quan es té en compte el temps, només hi ha un increment significatiu del CMO a nivell cortical ($p\text{-valor}<0,001$), i és també només pel cortical que les jugadores de bàsquet i les estudiants segueixen perfils diferents en el temps ($p\text{-valor}=0,004$). Si observem les gràfiques de perfil del CMO (Figs. R-47, R-48 i R-49) aparentment sembla que els dos grups segueixin perfils diferents en el radi ultradistal i perfils similars en el radi cortical, interpretació contradictòria al test estadístic de mesures repetides. Cal dir que el gràfic és la representació del les mitjanes, sense tenir en compte l'efecte de la dispersió, això justifica les diferències observades entre gràfic i test. Per la seva fiabilitat, hem de concloure el que ens diu el test.

Taula R-37. Comparació del CMO radial, mesurat amb DEXA, en cada una de les temporades d'estudi									
Variable	Temporada d'estudi	Grup	Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor		
DEXA radial CMO (g)	Ultradistal	Primera temporada	Estudiants	.	.			*	
			Jugadores Bàsquet	1,99	,27	1,59	2,37		
		Segona temporada	Estudiants	1,63	,28	1,31	1,98	0,008	
			Jugadores Bàsquet	2,09	,28	1,82	2,47		
		Tercera temporada	Estudiants	1,65	,31	1,29	1,97	0,024	
			Jugadores Bàsquet	2,11	,22	1,76	2,55		
		Quarta temporada	Estudiants	1,65	,31	1,30	1,97	0,039	
			Jugadores Bàsquet	2,05	,22	1,77	2,51		
		Distal	Primera temporada	Estudiants	.	.			*
				Jugadores Bàsquet	4,48	,68	3,08	5,14	
			Segona temporada	Estudiants	3,59	,52	3,16	4,58	0,002
				Jugadores Bàsquet	4,87	,95	4,12	6,56	
	Tercera temporada		Estudiants	3,68	,57	3,24	4,65	0,001	
			Jugadores Bàsquet	5,24	,86	3,92	6,98		
	Quarta temporada		Estudiants	3,62	,53	3,16	4,50	0,000	
			Jugadores Bàsquet	5,45	,82	4,18	7,07		
	Cortical		Primera temporada	Estudiants	.	.			*
				Jugadores Bàsquet	1,78	,14	1,51	1,98	
			Segona temporada	Estudiants	1,62	,13	1,48	1,81	0,003
				Jugadores Bàsquet	1,89	,19	1,55	2,11	
		Tercera temporada	Estudiants	1,69	,11	1,52	1,81	0,002	
			Jugadores Bàsquet	1,98	,16	1,60	2,19		
		Quarta temporada	Estudiants	1,68	,12	1,52	1,82	0,001	
			Jugadores Bàsquet	2,01	,17	1,68	2,25		

*No procedeix

Taula R-38. Anàlisi de mesures repetides del CMO radial mesurat amb DEXA			
Variable		Factor	p-valor
DEXA radial CMO (g)	Ultradistal	Temps	0,196
		Grups d'estudi	0,006
		Temps per grup estudi	0,377
	Distal	Temps	0,195
		Grups d'estudi	0,002
		Temps per grup estudi	0,207
	Cortical	Temps	0,000
		Grups d'estudi	0,009
		Temps per grup estudi	0,004

Evolució del CMO a Radi Ultradistal mesurat amb DEXA

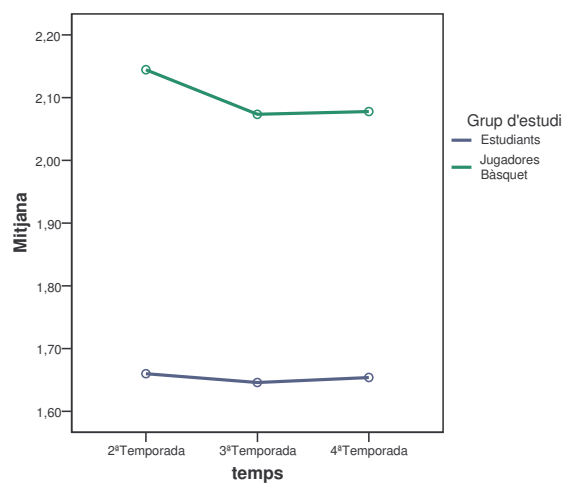


Fig. R-47

Evolució del CMO a Radi Distal mesurat amb DEXA

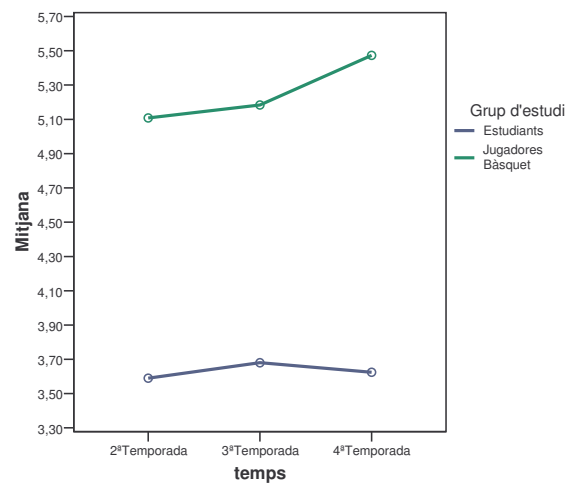


Fig. R-48

Evolució del CMO a Radi Cortical mesurat amb DEXA

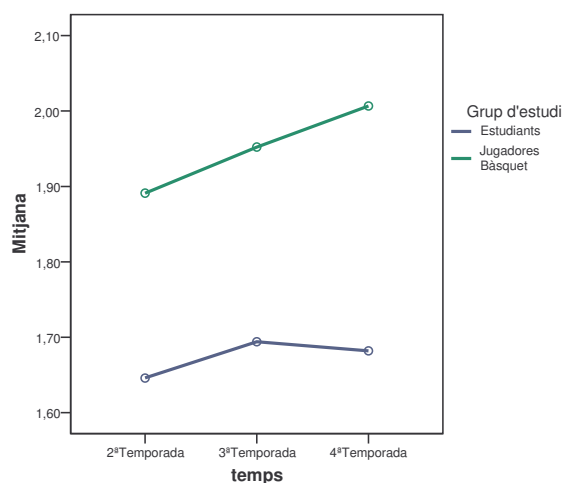


Fig. R-49

3.5.3-. Massa òssia volumètrica enregistrada amb TACC

En un dels controls realitzats no es van poder fer les valoracions amb TACC, ja que l'aparell d'anàlisi estava espatllat. Aquest control corresponia a la tercera temporada en la valoració de les estudiants, en la qual no es té cap dada. Pel que respecta a les jugadores de bàsquet aquest control corresponia a diferents temporades, segons la generació de jugadores en estudi, amb la qual cosa es té la mitjana de totes les temporades per aquest grup. Per tant la comparació en el temps la fem entre la segona i la quarta temporada.

En la taula R-39 es pot observar que, en les temporades en les quals es va poder realitzar l'estudi comparatiu (segona i quarta), la diferència entre els dos grups d'estudi no va arribar en cap de les àrees d'estudi a la significació estadística.

En l'anàlisi de mesures repetides es va poder veure que en l'evolució de la massa òssia volumètrica de la mostra estudiada va incrementar de forma significativa a nivell total (p -valor $<0,001$) i cortical (p -valor $<0,001$), en canvi a nivell trabecular no s'observen diferències en cap factor.

Taula R-39. Comparació de la massa òssia al canell, mesurada amb TACC, en cada una de les temporades d'estudi

Variable	Temporada d'estudi	Grup	Mitjana	Desviació	Mín.	Màx.	p-valor	
T.A.C.C. (g/cm ³)	Total	Primera temporada	Estudiants	.	.		*	
			Jugadores Bàsquet	280,37	32,54	236,1		337,8
		Segona temporada	Estudiants	290,13	25,14			0,929
			Jugadores Bàsquet	291,47	41,80	243,3	320,4	
		Tercera temporada	Estudiants	.	.			*
			Jugadores Bàsquet	321,95	43,54	270,4	405,0	
		Quarta temporada	Estudiants	337,54	27,65			0,428
			Jugadores Bàsquet	324,47	29,27	276,5	374,6	
	Cortical	Primera temporada	Estudiants	.	.			*
			Jugadores Bàsquet	388,06	69,02	320,0	543,8	
		Segona temporada	Estudiants	389,97	37,09			0,707
			Jugadores Bàsquet	398,71	66,47	299,0	438,7	
		Tercera temporada	Estudiants	.	.			*
			Jugadores Bàsquet	437,88	74,17	343,1	582,7	
		Quarta temporada	Estudiants	465,66	58,41			0,598
			Jugadores Bàsquet	448,09	55,48	343,4	526,0	
	Trabecular	Primera temporada	Estudiants	.	.			*
			Jugadores Bàsquet	148,48	45,23	48,4	213,5	
		Segona temporada	Estudiants	167,77	29,05			0,608
			Jugadores Bàsquet	160,15	31,37	111,4	220,4	
		Tercera temporada	Estudiants	.	.			*
			Jugadores Bàsquet	180,03	27,20	144,8	228,3	
		Quarta temporada	Estudiants	210,00	75,08			0,342
			Jugadores Bàsquet	172,90	31,24	132,5	225,3	

*No procedeix

Taula R-40. Anàlisi de mesures repetides de la massa òssia al canell, mesurada amb TACC			
Variable	Factor	p-valor	
TACC (g/cm ³)	Total	Temps	0,000
		Grups d'estudi	0,406
		Temps per grup estudi	0,818
	Cortical	Temps	0,000
		Grups d'estudi	0,540
		Temps per grup estudi	0,858
	Trabecular	Temps	0,075
		Grups d'estudi	0,311
		Temps per grup estudi	0,235

Evolució del TACC a nivell Cortical

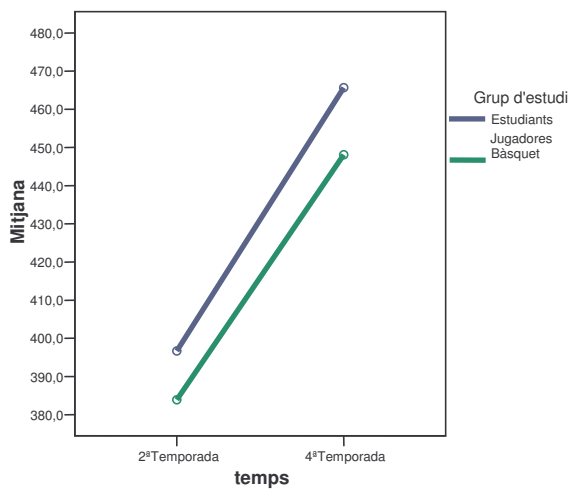


Fig. R-50

Evolució del TACC Total

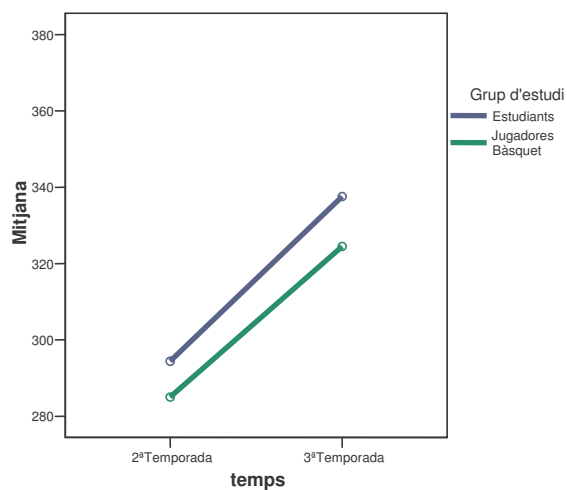


Fig. R-51

Evolució del TACC a nivell trabecular

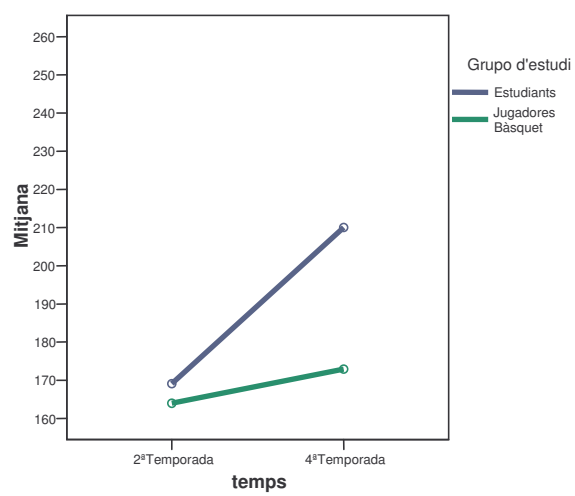


Fig. R-52

4-. CORRELACIÓ ENTRE LA MITJANA D'HORES D'ENTRENAMENT, LA INGESTA DE CALCI I L'INCREMENT DE LA MASSA ÒSSIA

En aquelles variables de la DEXA i el TACC que en l'anàlisi de mesures repetides es van detectar diferències significatives al llarg del seguiment (en la taula R-41 es presenta un resum de la significació que es va trobar en aquest anàlisi), es va aplicar la correlació de Pearson per tal de poder veure la seva correlació amb les dades preses durant l'estudi comparatiu en relació a la ingesta de calci i les hores d'exercici físic. Es tracta de variables que la literatura considera com a determinants de la massa òssia i, per tant, era de gran interès poder establir el paper d'una i altra en l'increment de la massa òssia.

Aquest Coeficient estadístic es va aplicar entre la mitjana d'hores d'exercici físic, la ingesta de calci i l'increment de la massa òssia, per cada una de les àrees valorades amb la DEXA i el TACC, per tal de dilucidar si els guanys de massa òssia experimentats en aquestes zones es podia atribuir al manteniment d'un determinat nivell d'exercici físic i/o d'ingesta de calci, que en les comparacions entre estudiants i jugadores de bàsquet s'havia trobat que era significativament diferent.

Es va demostrar, amb el test de mesures repetides d'un factor a un nivell de confiança del 0,05, que en les tres temporades de seguiment dels dos grups, la mitjana d'hores d'exercici físic realitzat per les estudiants i les jugadores de bàsquet s'havia mantingut. Al fer la comparació de les mitjanes de cada una de les temporades els p-valors obtinguts van ser de 0,816 per les jugadores i de 0,582 per les estudiants. Per altra banda la ingesta de calci es va mesurar a nivell basal i es va interrogar, en cada control anual de les participants en l'estudi, en relació al manteniment de la ingesta. Al no detectar-se canvis en aquests controls es va agafar aquest registre basal como a valor representatiu de la ingesta de calci al llarg de tot el seguiment.

Taula R-41. Resumèn de la significació en l'anàlisi de mesures repetides				
		Temps	Grups d'estudi	Temps per grup d'estudi
DEXA vertebral	DMO (g/cm²)	0,000	0,243	0,014
	CMO (g)	0,001	0,008	0,007
DEXA femoral DMO (g/cm²)	Femoral total	0,027	0,025	0,024
	Coll femoral	0,309	0,019	0,046
	Trocànter femoral	0,534	0,007	0,024
	Regió intertrocantèria	0,037	0,082	0,165
	Triangle de Ward	0,126	0,105	0,691
DEXA femoral CMO (g)	Femoral total	0,154	0,000	0,065
	Coll femoral	0,284	0,001	0,312
	Trocànter femoral	0,805	0,001	0,166
	Regió intertrocantèria	0,080	0,000	0,095
	Triangle de Ward	0,146	0,270	0,700
DEXA radial DMO (g/cm²)	Ultradistal	0,301	0,035	0,303
	Distal	0,000	0,705	0,016
	Cortical	0,000	0,414	0,226
DEXA radial CMO (g)	Ultradistal	0,196	0,006	0,377
	Distal	0,195	0,002	0,207
	Cortical	0,000	0,009	0,004
TACC (g/cm³)	Total	0,000	0,406	0,818
	Cortical	0,000	0,540	0,858
	Trabecular	0,075	0,311	0,235

Taula R-42. Coeficient de Correlació de Pearson bivariabls			
		Ingesta calci	Mitjana hores exercici físic
DEXA vertebral	DMO (g/cm²)	,462	,668**
	CMO (g)	,468	,772**
DEXA femoral DMO (g/cm²)	Femoral total	,627*	,729**
	Coll femoral	,512	,528*
	Trocànter femoral	,593*	,670**
	Regió intertrocantèria	,555*	,662**
	Triangle de Ward		
DEXA femoral CMO (g)	Femoral total	,550	,723**
	Coll femoral	,430	,405
	Trocànter femoral	,223	,411
	Regió intertrocantèria	,562*	,762**
	Triangle de Ward		
DEXA radial DMO (g/cm²)	Ultradistal	-,356	-,378
	Distal	,387	,631*
	Cortical	,142	,249
DEXA radial CMO (g)	Ultradistal	-,249	-,444
	Distal	,158	,434
	Cortical	,734**	,565*
TACC (g/cm³)	Total	,179	,017
	Cortical	,241	,024
	Trabecular		

*. La correlació és significativa al nivell 0,05 (bilateral).

**.. La correlació és significativa al nivell 0,01 (bilateral).

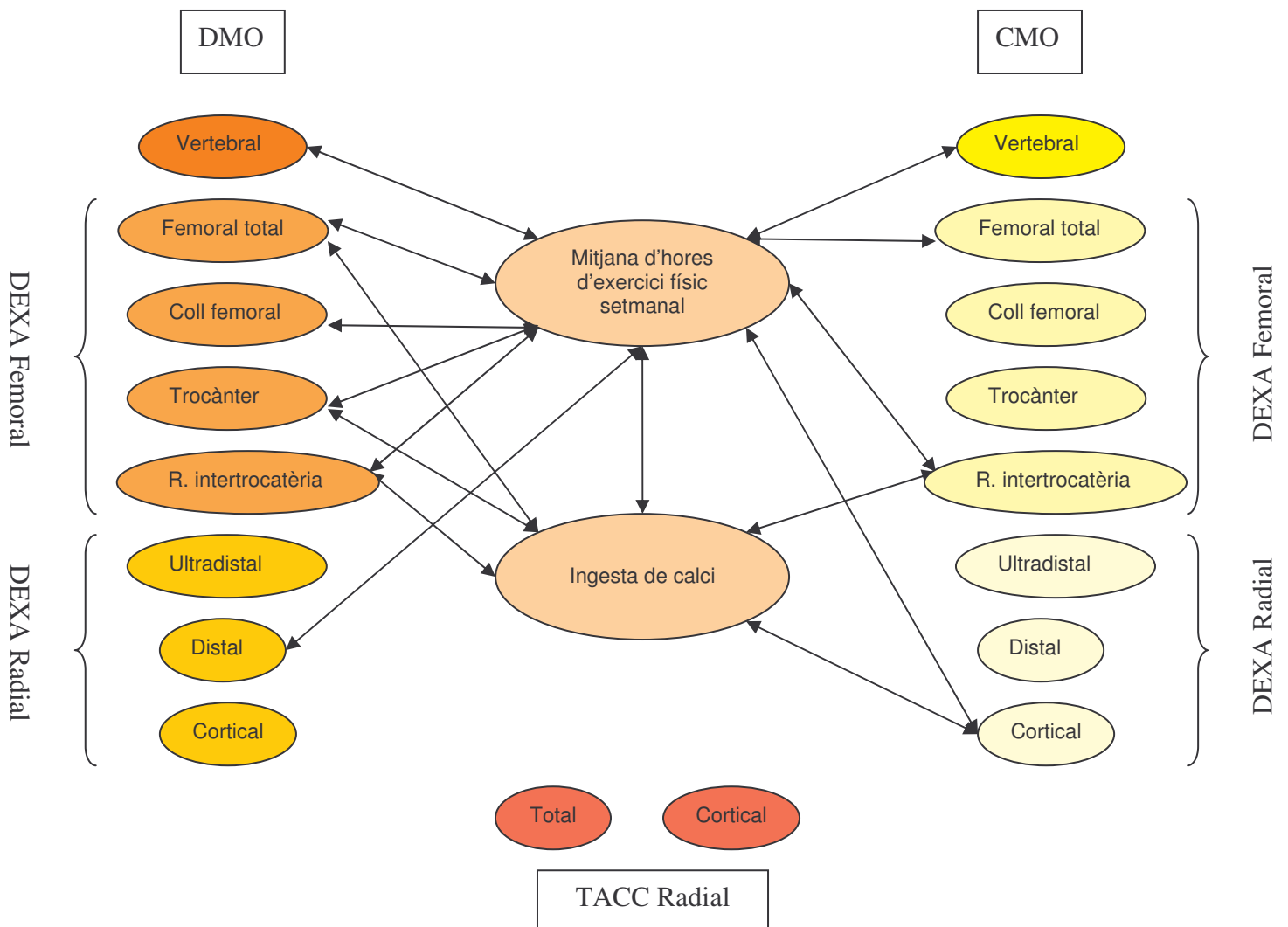


Fig. R-53 Correlacions entre la mitjana d'hores d'exercici físic, la ingesta de calci i la densitat òssia. Les fletxes que uneixen dues variables representen que hi ha associació, la trobada en el càlcul del Coeficient de Correlació de Pearson.

A la taula R-42 i també representat a la fig. R-53 observem que en cap cas l'increment de la massa òssia es va correlacionar només amb la ingesta de calci. En el casos en que la ingesta va mostrar una correlació, també va estar correlacionada la mitjana d'hores d'exercici físic.

En les situacions en que la ingesta de calci no va presentar una correlació significativa i l'exercici sí, es van atribuir els guanys en la massa

òssia al manteniment d'un nivell elevat d'exercici físic per part de les jugadores de bàsquet.

En aquells casos que hi havia correlació significativa, tant per la ingesta de calci com per l'exercici, es va buscar a través d'un Model de Regressió Lineal Multivariable Stepwise Backward (pas a pas cap enrere), quina-es de les dues variables explicava millor els increments de la massa òssia.

Taula R-43. Resultats regressions multivariables Stepwise				
		Ingesta calci β_1	Mitjana exercici físic β_2	R²
DEXA femoral DMO (g/cm²).	Femoral total	No	,753*	56,7%
DEXA femoral DMO (g/cm²).	Trocànter femoral	No	,656*	43,0%
DEXA femoral DMO (g/cm²).	Línia intertrocantèria	No	,726*	52,7%
DEXA femoral CMO (g)	Línia intertrocantèria	No	,836*	69,9%
DEXA radial CMO (g)	Cortical	,734*	No	53,9%

No=Variable exclosa del model

*=El coeficient és significatiu en el model amb un p-valor<0,05

Tal i com es pot observar a la taula R-43, per totes les variables que fan referència a la massa òssia femoral, la variable exclosa del model va ser la ingesta de calci. El manteniment d'un nivell alt d'exercici durant les tres temporades, en aquests casos, va explicar, en un percentatge que oscil·lava entre el 43% i el 69,9%, l'increment de la massa òssia, amb un coeficient sempre significatiu. Pel que fa referència al CMO del radi cortical la variable exclosa del model va ser l'exercici físic, amb la qual cosa va ser la ingesta de calci la que explicava amb un percentatge d'un 53,9% i un coeficient significatiu, l'increment de la massa òssia durant l'estudi comparatiu.

5-. COMPARACIÓ AL LLARG DE LES 4 TEMPORADES D'ESTUDI DE L'EVOLUCIÓ DE LA MASSA ÒSSIA DE LES JUGADORES DE BÀSQUET

En aquest apartat només són d'interès les jugadores de bàsquet i la massa òssia. Es vol analitzar les diferències en cada una de les variables de massa òssia al llarg del temps. Per fer-ho es procedeix a una ANOVA amb un factor (temps) que, per estar mesurat en la mateixa jugadora s'ha de tractar com a mesura repetida. Tots els p-valors d'aquí en endavant fan referència a aquesta anàlisi.

El seguiment del grup de jugadores de bàsquet es va fer al llarg de les 4 temporades que dura el programa d'alt rendiment en què, durant l'estudi, van estar immerses aquestes jugadores. Es va fer un registre basal, coincidint amb el seu ingrés en el programa (al principi de la primera temporada) i tres controls en les temporades següents que es van realitzar al final de cada una d'elles. Els tres controls corresponents a les tres últimes temporades de seguiment corresponen als mateixos amb què s'ha realitzat l'estudi comparatiu de l'apartat anterior.

La diferència de temps entre el control basal i el de la 2^a temporada va ser de 2 anys i, en canvi, entre 2^a, 3^a i 4^a temporada va ser d'un any. En els gràfics d'aquest apartat, en què es representa l'evolució de la massa òssia al llarg de les 4 temporades d'estudi, s'ha representat l'interval entre el control basal i el de la segona temporada per interpolació del punt mitjà.

5.1-. Evolució de la massa òssia vertebral

En l'anàlisi de mesures repetides es va observar que l'evolució en el temps de la massa òssia vertebral va ser significativa i positiva, tant a nivell del DMO (p-valor<0,001) com de CMO (p-valor<0,001). Com es mostra en les figs. R-54 i R-55, la tendència ascendent de la massa òssia vertebral lumbar es va mantenir al llarg de tot l'estudi, havent-hi un increment més pronunciat entre la segona i la tercera temporada d'estudi.

Taula R-44. Anàlisi de mesures repetides de la massa òssia vertebral mesurada amb DEXA		
Variable		p-valor
DEXA vertebral	DMO (g/cm ²)	0,000
	CMO (g)	0,000

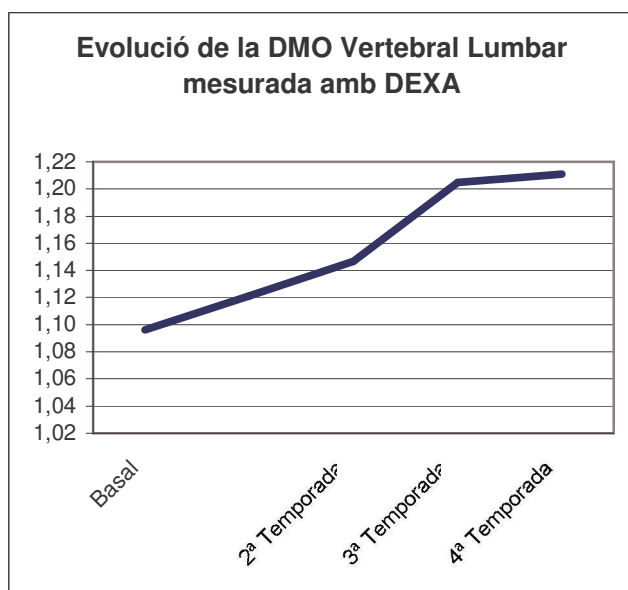


Fig. R-54

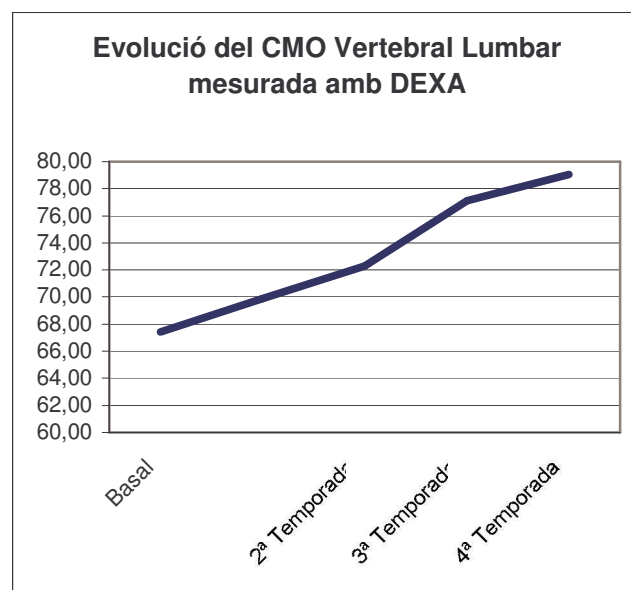


Fig. R-55

5.2.- Evolució de la massa òssia Femoral

L'anàlisi de mesures repetides de la DMO i CMO en cada una de les àrees d'interès a nivell femoral, va mostrar que la millora obtinguda en el temps, al llarg de les 4 temporades de seguiment, va assolir la significació estadística en totes les àrees (veure taula R-45), a excepció del CMO en l'àrea del triangle de Ward (p-valor=0,226).

En els gràfics on es mostra l'evolució de la DMO de les diferents zones d'estudi a nivell femoral s'observa una estabilització de l'evolució entre la tercera i quarta temporada. En el cas de les àrees del triangle de Ward (fig. R-60) i del Trocànter Femoral (fig. R-58) es veu una tendència involutiva en l'últim control realitzat.

L'increment del CMO és major entre la 2^a i la 3^a temporada d'estudi en totes les zones, a excepció de la del trocànter femoral (fig. R-63), on s'observa que es manté la mateixa línia ascendent des de l'inici de l'estudi fins al tercer control. De la mateixa forma que es mostrava en la DMO, l'increment del CMO disminueix en l'últim control, en relació amb els anteriors, arribant a marcar una tendència involutiva en les àrees del triangle de Ward (fig. R-65) i del Trocànter Femoral (fig. R-63).

Taula R-45. Anàlisi de mesures repetides de la massa òssia femoral mesurada amb DEXA			
Variable			p-valor
DEXA Femoral	DMO (g/cm²)	Total	0,000
		Coll Femoral	0,001
		Trocànter Femoral	0,001
		Regió intertrocantèria	0,000
		Triangle de Ward	0,012
	CMO (g)	Total	0,001
		Coll Femoral	0,001
		Trocànter Femoral	0,046
		Regió intertrocantèria	0,001
		Triangle de Ward	0,226

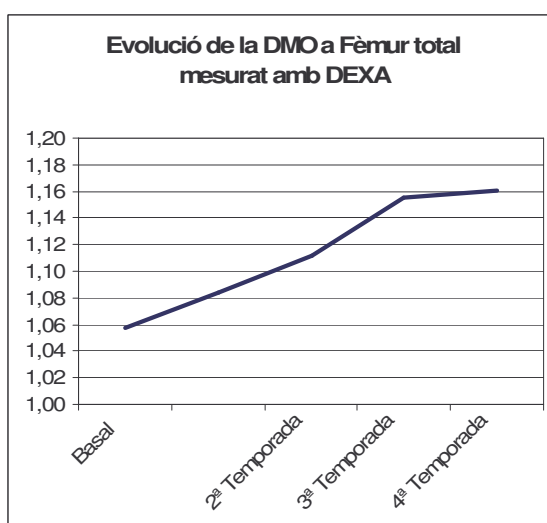


Fig. R-56

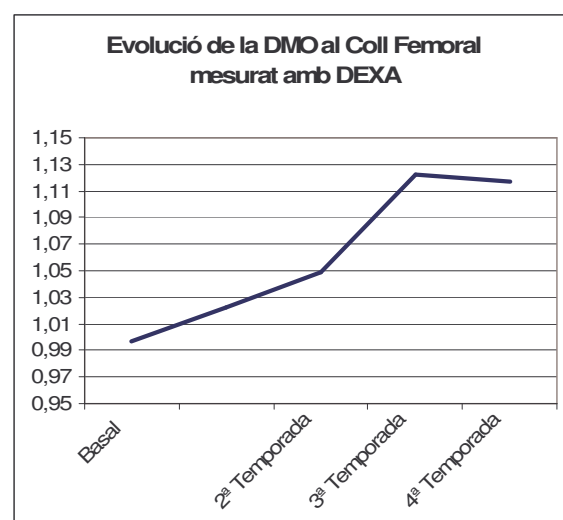


Fig. R-57

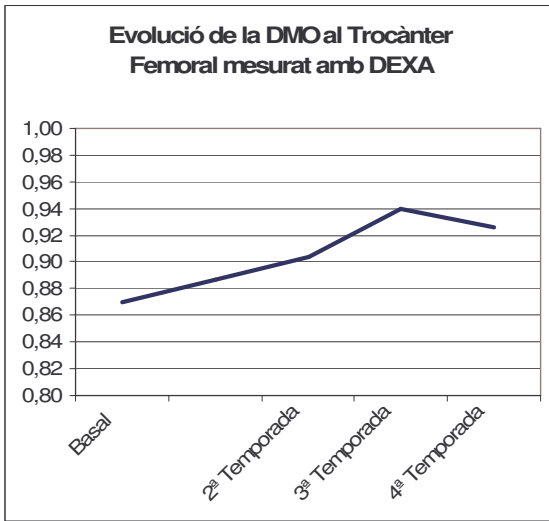


Fig. R-58

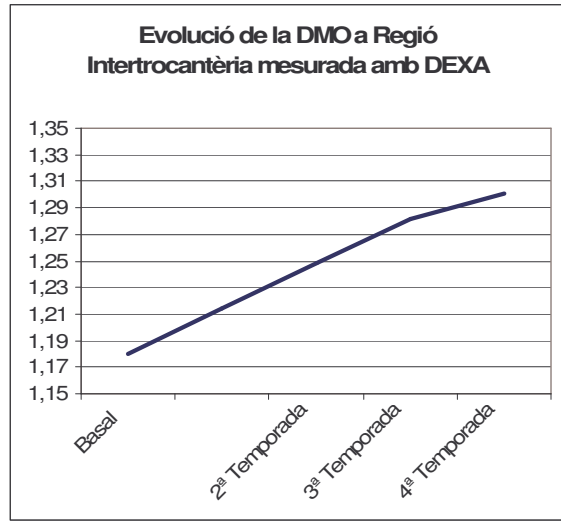


Fig. R-59

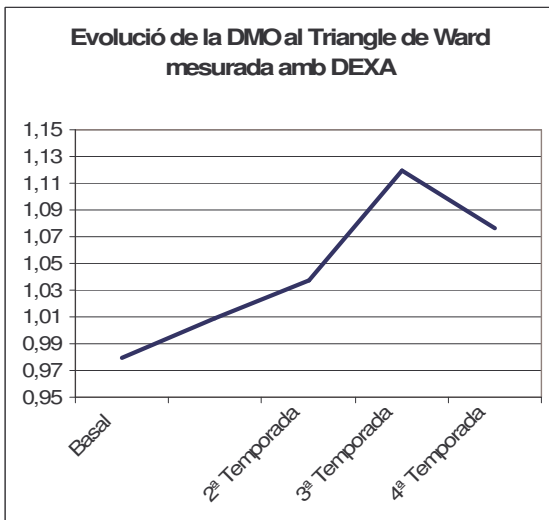


Fig R-60

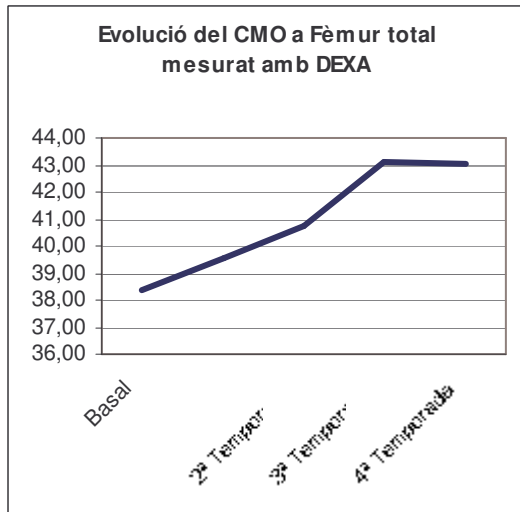


Fig. R-61

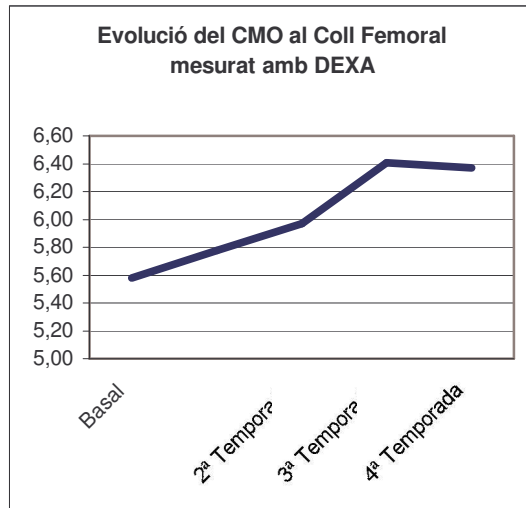


Fig. R-62

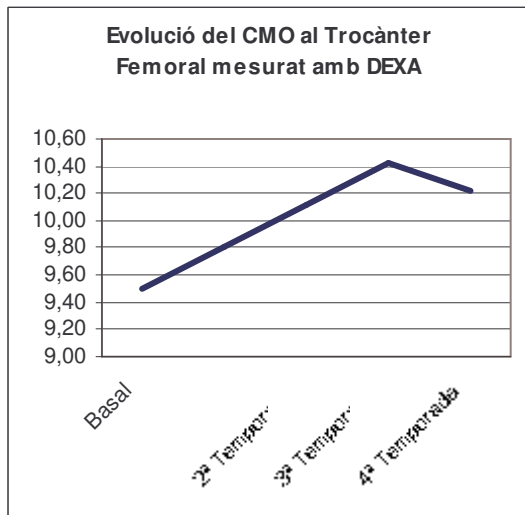


Fig. R-63

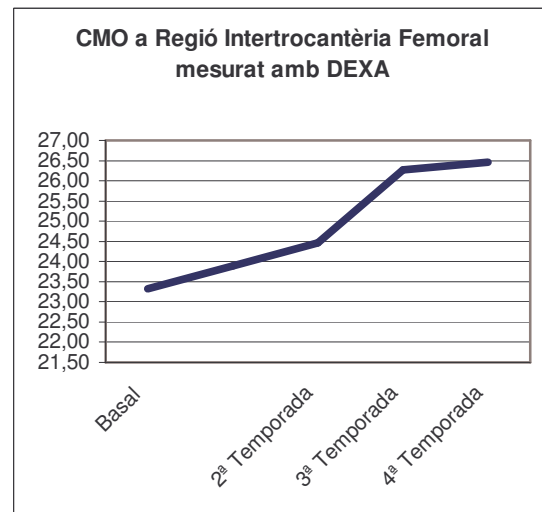


Fig. R-64

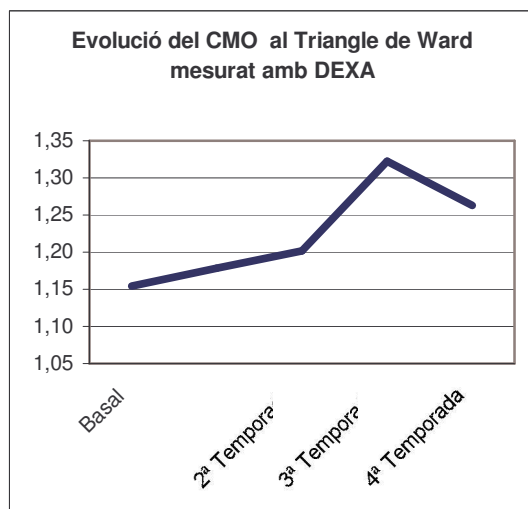


Fig. R-65

5.3-. Evolució de la massa òssia del canell

En la DMO radial es va poder observar que, en l'anàlisi de mesures repetides (taula R-46), es mostrava un increment que arribava a la significació estadística a nivell distal (p-valor=0,001) i cortical (p-valor<0,001). A nivell ultradistal, es va observar un increment en les dues primeres temporades d'estudi, que remetia en les dues següents, fins pràcticament tornar als nivells basals, aquesta variabilitat es va mantenir dintre d'un rang de valors petit .

El CMO radial va evolucionar de forma positiva, assolint la significació estadística en l'anàlisi de mesures repetides (taula R-46) , tan sols a nivell cortical (p-valor<0,001). En les altres àrees es va observar un lleuger increment, no significatiu, al llarg de tot l'estudi.

Taula R-46. Anàlisi de mesures repetides de la massa òssia radial mesurada amb DEXA			
Variable			p-valor
DEXA Radial	DMO (g/cm ²)	Ultradistal	0,244
		Distal	0,001
		Cortical	0,000
	CMO (g)	Ultradistal	0,086
		Distal	0,063
		Cortical	0,000

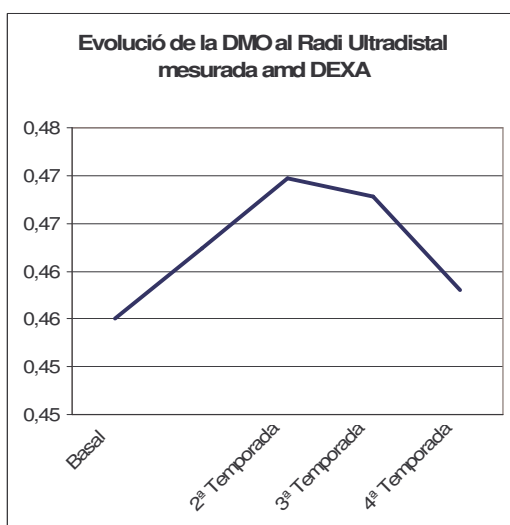


Fig. R-66

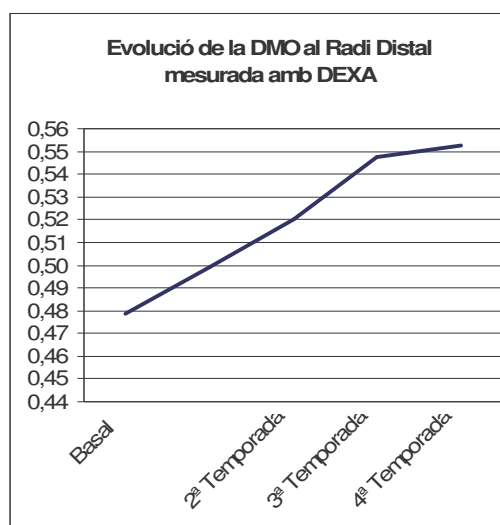


Fig. R-67

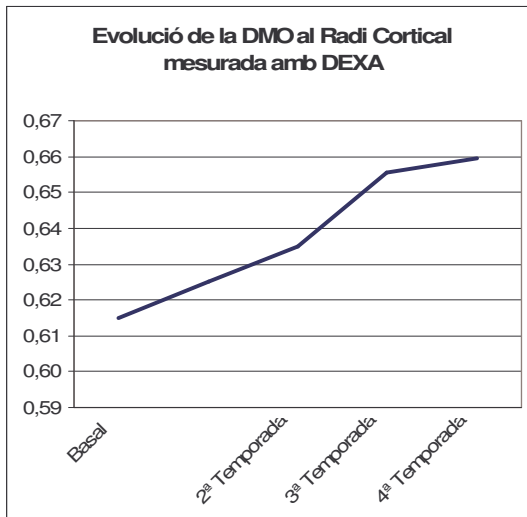


Fig. R-68

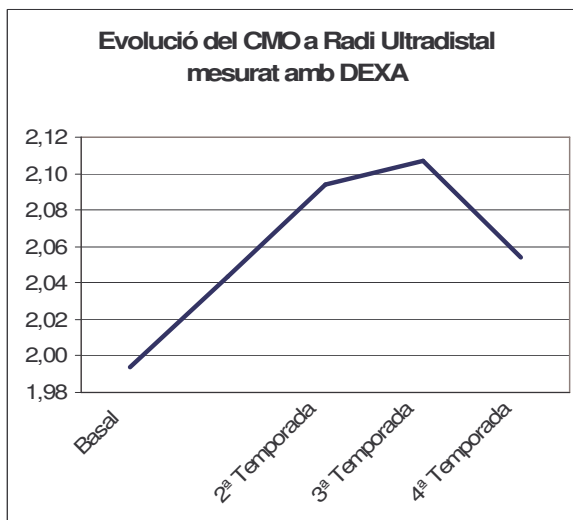


Fig. R-69

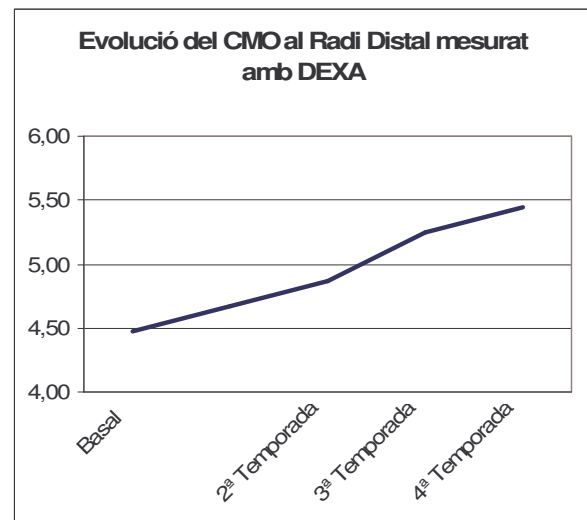


Fig. R-70

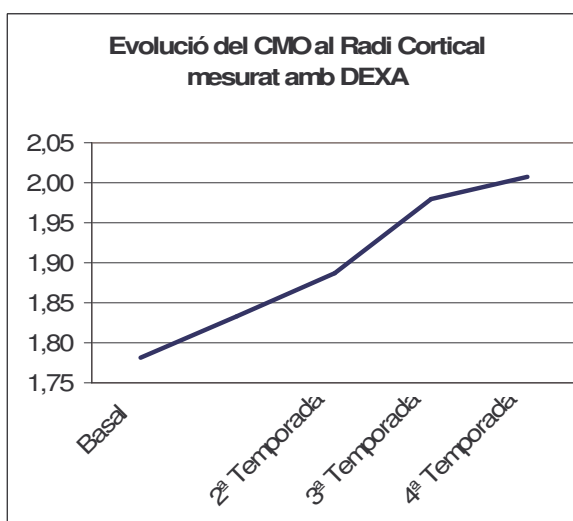


Fig. R-71

La densitat òssia volumètrica, valorada amb TACC, va mostrar un increment al llarg de tot l'estudi, va ser més accentuat entre el segon i el tercer control. En cap de les àrees d'interès aquest increment va assolir la significació estadística.

Taula R-47. Anàlisi de mesures repetides de la massa òssia del canell mesurada amb TACC			
Variable		Factor	p-valor
TACC (g/cm ³)	Total	Temps	0,115
	Cortical	Temps	0,197
	Trabecular	Temps	0,257

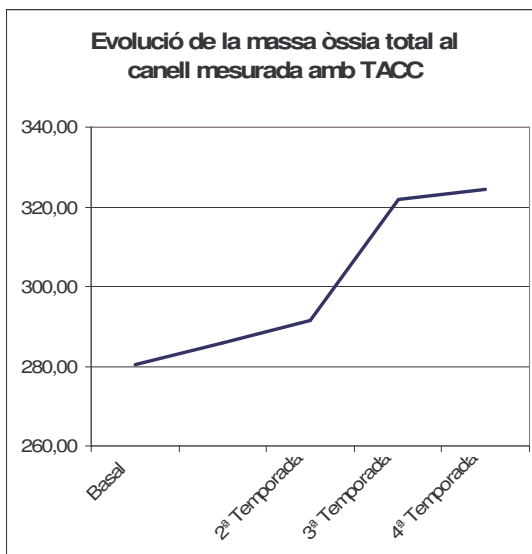


Fig. R-72

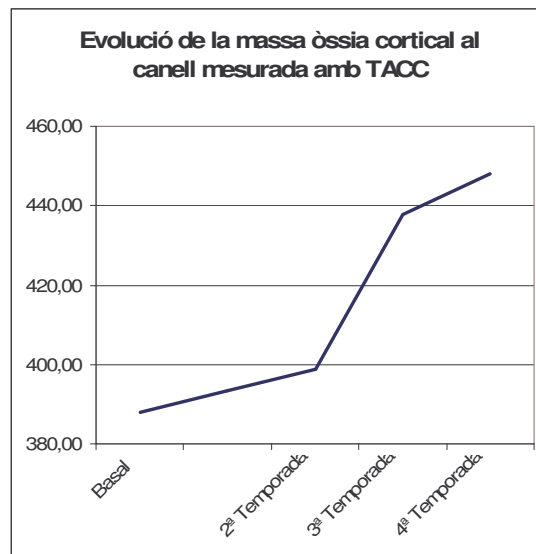


Fig- R-73

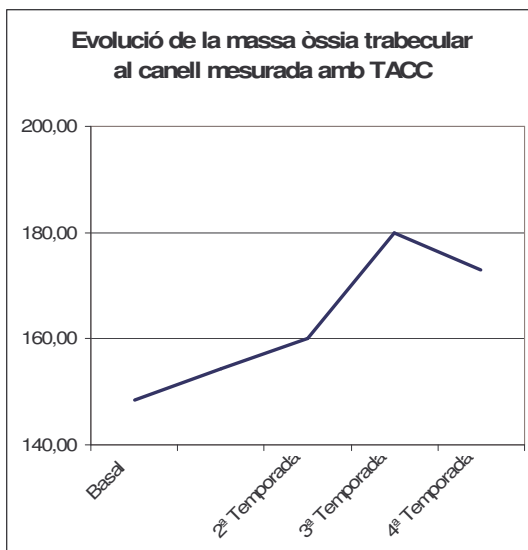


Fig. R-74

6-. CORRELACIÓ ENTRE LA MITJANA D'HORES D'EXERCICI FÍSIC I L'INCREMENT DE LA MASSA ÒSSIA

6.1-. A nivell de columna vertebral

En les valoracions realitzades a nivell de columna vertebral es va observar una correlació positiva, al nivell 0,01, entre la mitjana d'exercici físic realitzat i l'increment tant de la DMO (0,668) com del CMO (0,772) d'aquesta àrea.

- Gràfiques de dispersió amb línia de tendència i interval de confiança al 95% de la DMO i el CMO vertebral

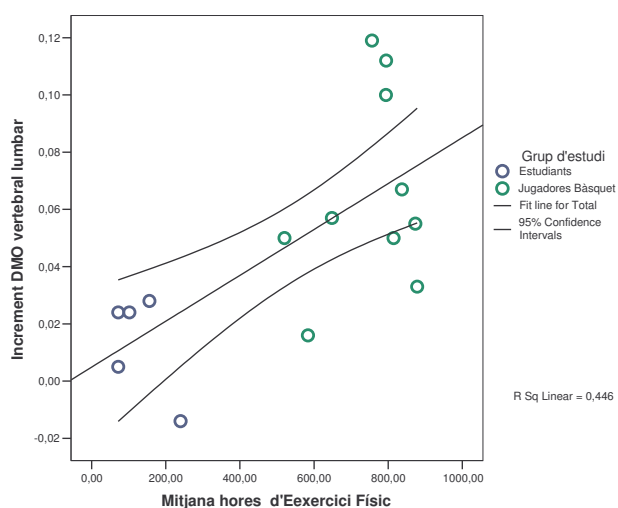


Fig R-75

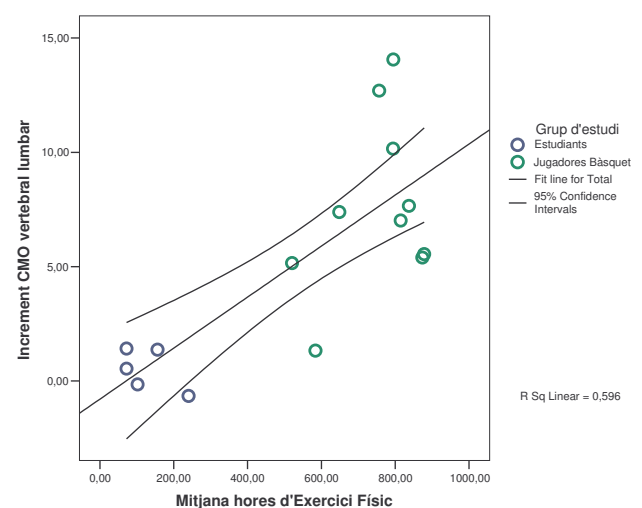


Fig.R-76

6.2-. A nivell Femoral

Es va observar una correlació positiva entre les hores d'exercici físic i la DMO femoral en totes les àrees d'estudi, a excepció de la zona del triangle de Ward. En la Taula R-48 es mostren les dades de la significació estadística en la prova de Correlació de Pearson.

Taula R-48. Correlació entre la mitjana d'hores d'exercici físic i l'increment de la DMO femoral					
	Fèmur total	Coll Femoral	Trocànter Femoral	Línia Intertrocantèria	Triangle de Ward
Mitjana hores d'exercici Físic	0,729**	0,528*	0,670**	0,662**	0,158

** La correlació és significativa al nivell 0,01 (bilateral)

* La correlació és significativa al nivell 0,05 (bilateral)

➤ Gràfiques de dispersió amb línia de tendència i interval de confiança al 95% de la DMO femoral

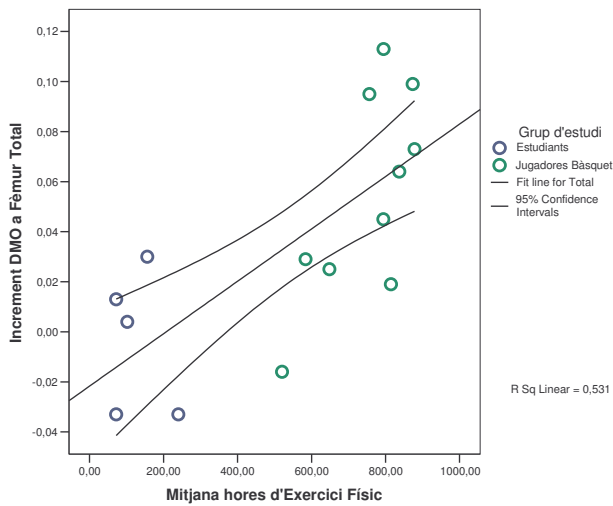


Fig. R-77

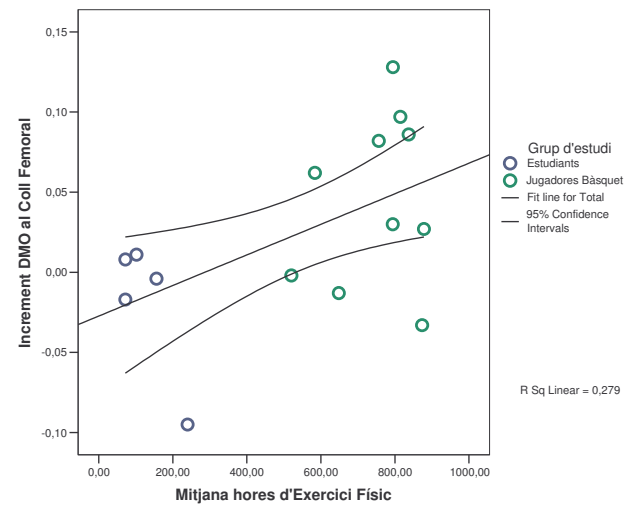


Fig. R-78

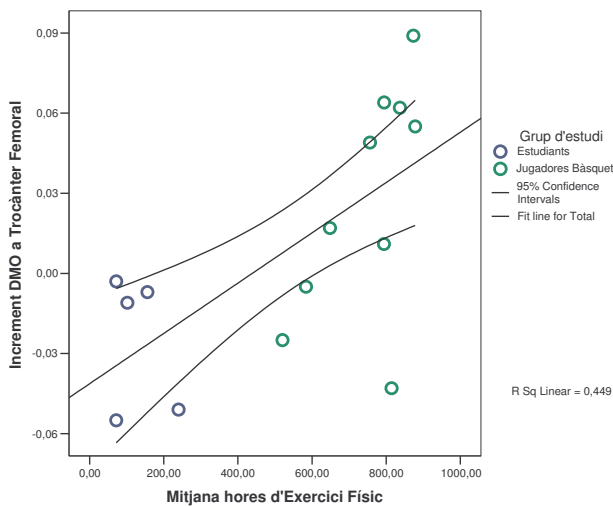


Fig. R-79

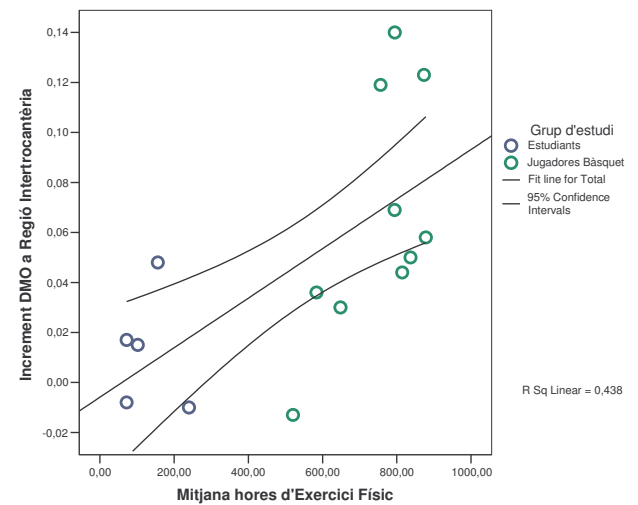


Fig. R- 80

Pel que respecta a la correlació entre l'exercici físic i l'increment del CMO es va mostrar significativament positiva a nivell de fèmur total i de regió intertrocantèria (taula R-49). En les altres àrees no es va observar correlació i en la del triangle de Ward aquesta correlació va ser negativa.

Taula R-49. Correlació entre la mitjana d'hores d'exercici físic i l'increment de la CMO femoral					
	Fèmur total	Coll Femoral	Trocànter Femoral	Línia Intertrocantèria	Tiangle de Ward
Mitjana hores d'exercici Físic	0,723**	0,405	0,411	0,762**	-0,040

** La correlació és significativa al nivell 0,01 (bilateral)

* La correlació és significativa al nivell 0,05 (bilateral)

- Gràfiques de dispersió amb línia de tendència i interval de confiança 95% del CMO femoral

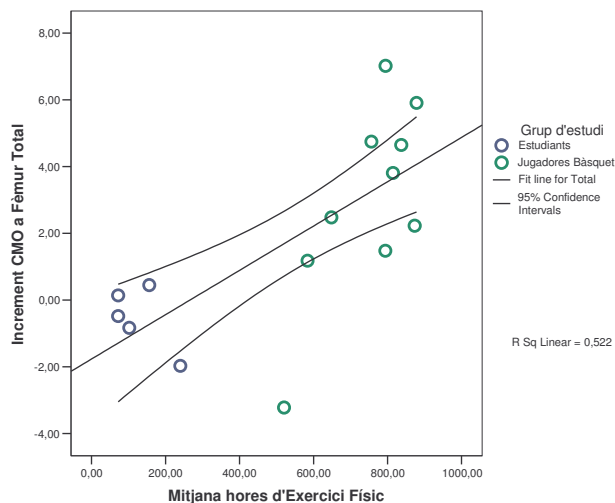


Fig. R-81

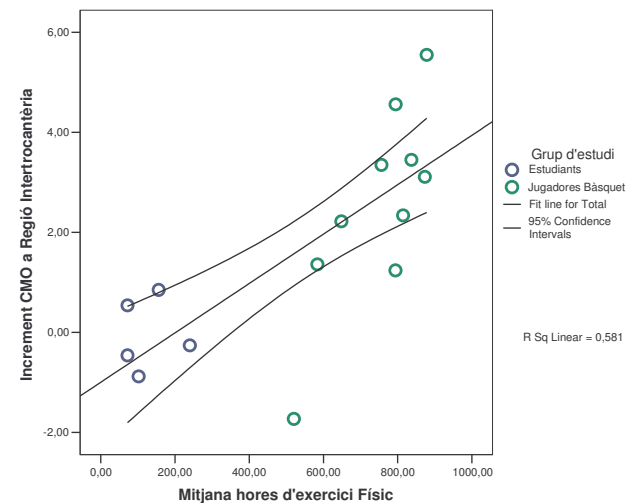


Fig. R-82

6.3-. A nivell de canell

No es va observar correlació entre la mitjana d'hores d'exercici físic realitzat i l'increment de la DMO radial, a excepció de la zona distal on es va mostrar una correlació estadísticament significativa i positiva (0,631) a un nivell de 0,05. Pel que respecta al CMO es va observar una correlació estadísticament significativa i positiva entre la mitjana d'hores d'exercici físic i el seu increment a nivell cortical (0,565).

No es va observar correlació entre la mitjana d'hores d'exercici físic i les variacions, entre les tres temporades d'estudi comparatiu, de les variables enregistrades amb el TACC a nivell de canell no dominant.

- Gràfiques de dispersió amb línia de tendència i interval de confiança al 95% de la massa òssia a nivell de canell

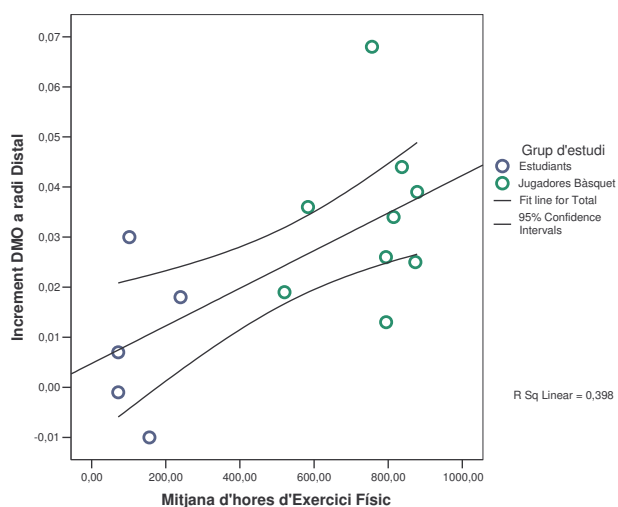


Fig. R-83

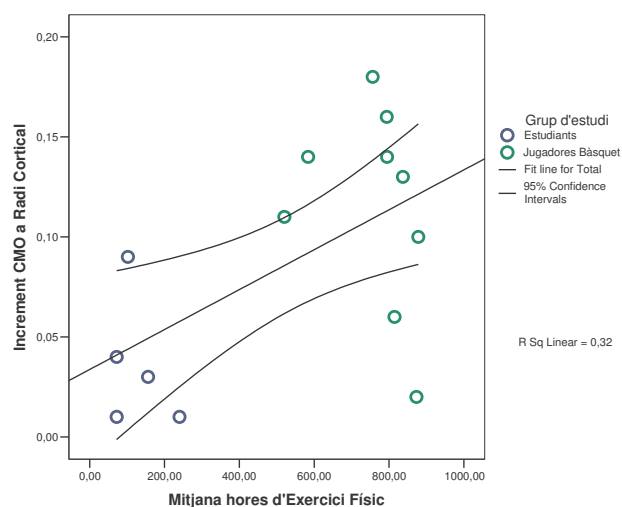


Fig. R-84

7-. CÀLCUL DEL PERCENTATGE DE MILLORA DE LA MASSA ÒSSIA

En aquest punt es presenten els percentatges de millora de la massa òssia en les diferents localitzacions estudiades. Per cada una d'elles es mostra el percentatge de millora dels dos grups valorats en l'estudi comparatiu al llarg de les tres temporades. Pel que fa només al grup de jugadores de bàsquet, es mostra també, el percentatge de massa òssia adquirida en les 4 temporades de seguiment, així com la millora experimentada al principi del seguiment d'aquest grup, que no s'inclou en l'estudi comparatiu.

DEXA vertebral	DMO (g/cm ²)	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	0,94%
			Jugadores Bàsquet	5,22%
DEXA vertebral	DMO (g/cm ²)	Bàsquet (4 temporades)	Total	10,00%
			Abans E. comparatiu	4,55%
	CMO (g)	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	2,04%
			Jugadores Bàsquet	9,29%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	17,20%
			Abans E. comparatiu	7,23%

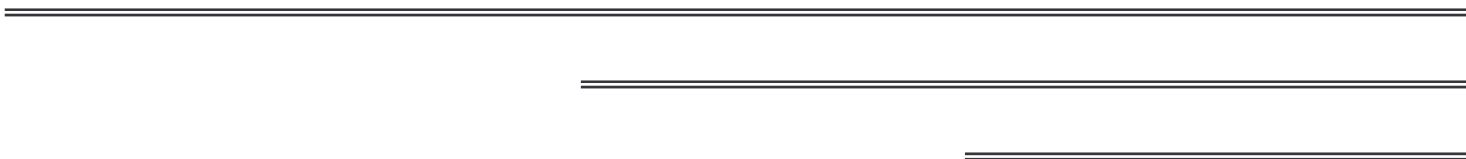
Taula R-51. Percentatge de millora de la massa òssia femoral				
DEXA Femoral DMO (g/cm²)	Fèmur total	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	0,00%
			Jugadores Bàsquet	4,50%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	9,43%
			Abans E. comparatiu	4,72%
	Coll femoral	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	-1,05%
			Jugadores Bàsquet	6,67%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	12,00%
			Abans E. comparatiu	5,00%
	Trocànter femoral	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	-2,56%
			Jugadores Bàsquet	3,33%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	6,90%
			Abans E. comparatiu	3,45%
	Regió intertrocantèria	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	1,77%
			Jugadores Bàsquet	8,33%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	10,17%
			Abans E. comparatiu	1,69%
	Triangle de Ward	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	1,08%
			Jugadores Bàsquet	3,85%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	10,20%
			Abans E. comparatiu	6,12%

DEXA Femoral CMO (g)	Fèmur total	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	-0,82%	
			Jugadores Bàsquet	5,62%	
		Bàsquet (4 temporades)	Total	12,08%	
			Abans E. comparatiu	6,12%	
		Coll femoral	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	0,65%
				Jugadores Bàsquet	6,70%
	Bàsquet (4 temporades)		Total	14,16%	
			Abans E. comparatiu	6,99%	
	Trocànter femoral	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	-5,03%	
			Jugadores Bàsquet	0,89%	
		Bàsquet (4 temporades)	Total	7,47%	
			Abans E. comparatiu	6,53%	
	Regió intertrocantèria	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	0,46%	
			Jugadores Bàsquet	8,18%	
		Bàsquet (4 temporades)	Total	13,42%	
			Abans E. comparatiu	4,84%	
	Triangle de Ward	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	0,89%	
			Jugadores Bàsquet	5,00%	
		Bàsquet (4 temporades)	Total	9,57%	
			Abans E. comparatiu	4,35%	

Taula R-53. Percentatge de millora de la massa òssia radial				
DEXA Radial DMO (g/cm ²)	Ultradistal	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	0,00%
			Jugadores Bàsquet	-2,13%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	0,00%
			Abans E. comparatiu	2,17%
	Distal	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	1,92%
			Jugadores Bàsquet	5,77%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	14,58%
			Abans E. comparatiu	8,33%
	Cortical	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	3,28%
			Jugadores Bàsquet	3,13%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	8,20%
			Abans E. comparatiu	4,92%
DEXA Radial CMO (g)	Ultradistal	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	1,23%
			Jugadores Bàsquet	-1,91%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	3,02%
			Abans E. comparatiu	5,03%
	Distal	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	0,84%
			Jugadores Bàsquet	11,91%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	21,65%
			Abans E. comparatiu	8,71%
	Cortical	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	3,70%
			Jugadores Bàsquet	6,35%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	12,92%
			Abans E. comparatiu	6,18%

Taula R-54. Percentatge de millora de la massa òssia radial				
T.A.C.C. (g/cm³)	Total	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	16,34%
			Jugadores Bàsquet	11,32%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	15,73%
			Abans E. comparatiu	3,96%
	Cortical	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	19,41%
			Jugadores Bàsquet	12,38%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	15,47%
			Abans E. comparatiu	2,74%
	Trabecular	Estudi comparatiu (3 temporades)	Estudiants	25,17%
			Jugadores Bàsquet	7,96%
		Bàsquet (4 temporades)	Total	16,45%
			Abans E. comparatiu	7,86%

DISCUSSIÓ



La valoració del patró evolutiu de la massa òssia en jugadores de bàsquet adolescents i la comparació amb un grup d'estudiants inactives de la mateixa edat, va mostrar un diferent ritme d'adquisició òssia entre grups i uns valors superiors per les esportistes. El plantejament hipotètic inicial va ser el de relacionar possibles diferències en la massa òssia dels grups estudiats al seu diferent nivell d'exercici físic.

Per tal de poder atribuir una relació de causalitat entre les diferències trobades en la massa òssia dels dos grups i aquelles variables que poden influir en l'adquisició de la massa òssia durant l'adolescència, es va fer la comparació d'ambdós grups en relació a aquestes variables. En aquelles en les que es va veure que hi havia diferències entre els grups es va valorar el seu paper en l'explicació del diferent nivell de massa òssia. Es va poder establir, finalment, la relació entre la diferència dels guanys ossis dels dos grups i el seu diferent nivell d'exercici físic en relació a la pràctica del bàsquet d'alt nivell.

1-. DEMOGRAFIA

1.1-. Antropometria

En les comparacions basals entre els dos grups es va trobar que hi havia una diferència significativa en quan al pes i la talla (p -valor=0,002 en ambdós casos). Pel que fa a les comparacions realitzades en cada una de les temporades, les jugadores de bàsquet i les estudiants van mostrar una diferència significativa de talla i pes al llarg de tot el seguiment, sempre major en les jugadores de bàsquet, que també tenen sempre una variància més gran. La diferència de les mitjanes del pes va anar augmentant al llarg de les tres temporades de comparació, sense que es pogués veure un resultat significatiu de la prova, possiblement provocat pel biaix introduït per la gran variància i la mida mostral. El creixement al llarg de l'estudi va ser més accentuat pel grup d'estudiants, així podem veure en la fig. R-29 un perfil diferent entre els dos grups i una significació estadística en la prova ANOVA (p -valor<0,001).

El IMC no va mostrar diferències basals entre els dos grups, en canvi, sí una evolució diferent en el temps, ja que va experimentar un progressiu increment en les jugadores i una disminució més accentuada en les estudiants. Aquesta diferència va assolir la significació estadística (p -valor=0,003). L'evolució diferent de l'IMC sembla que respongui al comportament mostrat per la talla que va experimentar un estancament de l'increment en les jugadores de bàsquet, al temps que les estudiants van mantenir un ritme de creixement més elevat. Val a dir que d'aquesta variable només se'n té l'evolució completa de tres components del grup control, mentre que el registre del grup d'estudi és complet. Aquest fet comporta que s'hagi d'interpretar amb prudència aquests resultats i suposa una limitació a l'hora de poder establir una hipotètica relació amb la massa òssia de la població estudiada.

1. 2-. Estadis fisiològics

1.2.1-. Cicle menstrual

S'ha posat un especial interès, en aquest estudi, en el control detallat del cicle menstrual de les participants per tal de veure si l'exposició a un programa d'entrenament intensiu i la competició d'alt nivell alterava el cicle menstrual de les jugadores de bàsquet. Aquestes esportistes van estar sotmeses a un programa d'activitat física molt exigent que hi ha autors (210) que apunten que pot tenir un efecte deleteri sobre l'os de l'adolescent, en relació a la regulació hormonal de la massa òssia, especialment, quan aquest s'acompanya d'una pèrdua de pes corporal i una producció reduïda de les hormones sexuals que porten a l'amenorrea.

En tots els casos, es va enregistrar l'edat de la menarquia que en els dos grups va ser molt similar, $12,17 \pm 1,72$ anys per les estudiants i $12,27 \pm 1,1$ per les jugadores (taula R-19). Algunes de les jugadores de bàsquet havien iniciat la seva activitat esportiva abans de la menarquia. Podem trobar en la literatura alguns estudis que relacionen l'inici precoç de la pràctica esportiva amb un retard en la menarquia (214-217). La mitjana de l'edat de la menarquia del nostre grup de jugadores va ser comparable al del grup d'estudiants (a diferència del que van trobar Malina *et al.* (215) en el seu treball) podent desestimar, per tant, la influència d'aquesta pràctica esportiva primerenca. A més, si comparem l'edat de la menarquia de les nostres esportistes amb referències trobades en els estudis revisats, podem veure que és sensiblement inferior a la del grup de jugadores de bàsquet del treball de Quintas ME *et al.*(164), la comparació amb aquest grup és d'especial interès, ja que es tracta d'un estudi que es situa en el nostre entorn geogràfic i inclou, entre practicants d'altres disciplines esportives, a jugadores de bàsquet que entrenen una mitjana de $12,03 \pm 2,3$ i en les que l'edat de la menarquia es situa als $12,9 \pm 1,6$ anys. També és inferior a la del grup del treball de Frisch (214) que comença la seva pràctica esportiva després de la menarquia ($12,8 \pm 0,2$ anys) i de les seves controls inactives ($12,7 \pm 0,4$ anys). Per altra banda, si comparem amb els estudis realitzats en el nostre entorn geogràfic, seria equiparable, encara

que lleugerament inferior, a la de les controls inactives del treball de Muñoz MT *et al.* (217) ($12,5 \pm 1$ anys) i de Lapieza MG *et al.* (216) ($12,65 \pm 0,4$ anys).

Podem situar a la nostra mostra dintre del grup que en l'estudi de Chevalley (70) considera com de menarquia primerenca (abans dels 13 anys), en què va trobar que hi havia una interacció positiva amb la ingesta del calci en benefici d'una major adquisició òssia. En el nostre cas no tenim dades de quin era el consum de calci en l'edat de la menarquia, i per tant, no podem intuir si en tenir la menarquia abans dels 13 anys, aquest fet, hagués pogut interactuar amb la ingesta de calci i contribuir a l'explicació de les diferències basals de massa òssia que ens trobem en la nostra mostra.

És interessant recalcar la importància de la similitud en les mitjanes de l'edat de la menarquia entre els dos grups estudiats, ja que els guanys de massa òssia declinen de forma important dos anys després de la menarquia (22;191) i diferències en aquest aspecte podrien haver actuat com un factor de confusió a l'hora d'interpretar les diferències basals que es van trobar en fer la comparació de massa òssia entre grups.

D'altra banda, les participants en l'estudi van realitzar un calendari menstrual al llarg de tot el seguiment, per tal de poder tenir un control exhaustiu de possibles disfuncions. El grup d'estudiants no va presentar alteracions del cicle menstrual, mentre que les esportistes van presentar alguna alteració, sense que les diferències entre els dos grups en relació a aquest paràmetre arribés a la significació estadística. Només hi va haver 6 casos d'amenorrea durant l'estudi: tres casos amb un mes d'amenorrea, un amb tres mesos, un amb quatre i un amb nou mesos. En aquest últim cas va coincidir l'inici del programa d'exercici físic amb les primeres menstruacions.

En cada un dels controls anuals de la massa òssia es va enregistrar el pes corporal de tota la mostra. La mitjana del pes corporal dels dos grups va augmentar de forma similar al llarg dels 3 anys d'estudi comparatiu, amb un increment de pes de les estudiants de 2,44 Kg i 2,01 Kg per les jugadores de bàsquet. Cal esmentar que l'increment més important en el pes corporal de les esportistes es va produir al principi del seguiment, que quedava fora de l'estudi comparatiu, amb un increment mitjà de 5,7 kg. De qualsevol manera el balanç del pes corporal de les jugadores de bàsquet va ser positiu al llarg de tot el

període d'entrenament intensiu, podent extrapolar que el bàsquet no és un esport en el que la seva pràctica d'alt nivell vagi acompanyada d'una alta incidència de pèrdua de pes corporal de les seves practicants.

Aquestes observacions porten a concloure que l'exercici físic intens, per la pràctica del bàsquet d'alt nivell, no va acompanyat d'una alta incidència de pèrdua de pes corporal i alteracions del cicle menstrual i, per tant, no s'intueix que pugui tenir un efecte deleteri sobre la massa òssia de l'adolescent en relació a aquests paràmetres, efecte que s'ha pogut trobar en a algunes disciplines esportives (172;222).

1.2.2-. Estudi hormonal i del metabolisme mineral

1.2.2.1-. Estudi hormonal

A nivell basal, es va realitzar un estudi hormonal de totes les components de la mostra, per tal de desestimar possibles alteracions i establir si hi havia diferències entre els dos grups que es poguessin relacionar amb la massa òssia basal. No es van trobar diferències significatives, entre les jugadores de bàsquet i les estudiants, en cap de les valoracions fetes en l'estudi hormonal, només es van trobar nivells més elevats de testosterona i Índex de testosterona lliure en les estudiants, sense que aquesta diferència arribés a la significació estadística (taula R-20), podent afirmar, per tant, que ambdós grups no difereixen en aquestes valoracions.

1.2.2.2-. Marcadors bioquímics de la funció òssia

Els efectes sobre la massa òssia de l'exercici queden reflectits en els nivells dels marcadors bioquímics de la funció òssia. Per tal de veure quins eren aquests valors en l'inici de l'estudi comparatiu, moment en el que cal tenir present que les jugadores de bàsquet ja havien iniciat la seva activitat esportiva d'alt rendiment, es van valorar aquests paràmetres.

Els marcadors de formació òssia (Fofatasa Alcalina i Osteocalcina), tal i com s'observa a la taula R-21, van ser significativament majors en les jugadores de bàsquet grup, que de forma general va mostrar uns increments superiors de la massa òssia al llarg del seguiment. Aquests resultats estan en

la línia dels trobats per Creighton DL *et al.* (152) que van veure que els marcadors de formació òssia eren significativament superiors en el grup d'activitat d'alt impacte (en el que, entre d'altres esportistes, hi havia jugadores de bàsquet) respecte el de baix impacte i les controls inactives.

El valor obtingut de Fosfatasa Alcalina, va ser extremadament superior al valor de referència pel grup de les jugadores de bàsquet, en canvi les estudiants es van situar dintre del rang de normalitat. Cal tenir present que en el moment de prendre aquests registres, havien passat més de dos anys des de la menarquia de la mitjana de la mostra i, per tant, podem considerar que ja no estaven en un període de creixement accelerat, on els valors sèrics de Fosfatasa Alcalina poden arribar a triplicar els valors de normalitat dels adults . És per això que els valors tan elevats d'aquest marcador de formació òssia en les jugadores de bàsquet els podem associar a una major activitat osteoblàstica en relació, segurament, a una major activitat física. Lima F (120), en un treball en el que valorava l'efecte d'activitats de diferents tipus d'impacte en esportistes masculins d'elit, va trobar que en el grup d'alt impacte, en el que hi havia 5 jugadors de bàsquet, els nivells de Fosfatasa Alcalina eren significativament superiors a la resta dels grups d'estudi.

En quan als marcadors de resorció òssia vam trobar que la concentració de Desoxipiridolina urinària estava per sobre dels valors de referència en el dos grups i de forma més accentuada en el grup de les jugadores de bàsquet, arribant a la significació estadística ($p\text{-valor}=0,010$). Aquests resultats, junt als valors elevats en els marcadors de formació, pot donar una idea d'un major *turnover* ossi amb un balanç més positiu en el cas de les jugadores. Tanmateix, aquests resultats difereixen de les referències trobades en la literatura, ja que en l'estudi de Creighton DL *et al.* (152), referenciat anteriorment, els marcadors de resorció no van mostrar diferències entre els grups estudiats.

Tant el calci sèric com el calci sèric corregit es van mostrar estadísticament diferents en els dos grups estudiats, major en les estudiants que en les jugadores de bàsquet, que tot i així es van mantenir dintre del rang de referència del laboratori. Són uns resultats que estan en dissonància amb una ingesta de calci significativament superior en les jugadores i que plantegen una qüestió poc abordada en la literatura. Només hem trobat el treball de Klesges RC *et al.* (141) que, en un estudi en el que va relacionar el CMO i la

pèrdua de Ca per orina i suor en diferents moments de la temporada competitiva, va trobar que la pèrdua dèrmica de calci es situava en una mitjana de 422 mg per sessió d'entrenament. Val a dir que els valors de pèrdua dèrmica dels jugadors valorats en aquest estudi són molt superiors als registrats en estudis anteriors (entre 40 i 144 mg/d (243); 25 mg de pèrdua per 45' d'exercici (244)) en els que es va estudiar subjectes que realitzaven un nivell d'exercici moderat en relació a la doble sessió diària dels jugadors de bàsquet de Primera Divisió Nacional estudiats per Klesges *et al.* (141) i comparable al nivell d'exercici realitzat per les nostres jugadores. Tanmateix, però, queda per dilucidar fins a quin punt, la pèrdua dèrmica durant l'exercici físic podria explicar uns nivells sèrics més baixos en les jugadores a més de la limitació que suposaria extrapolar uns resultats obtinguts en esportistes, que tot i pertànyer a la mateixa especialitat i nivell competitiu que les nostres, són nois i amb una mitjana d'edat superior (20 anys) a la del nostre grup.

D'altra banda cal fer esment que uns valors sèrics de calci baixos estimulen la secreció de la PTH. El nivells de PTH de les jugadores de bàsquet van ser majors que els de les estudiants, però sense que aquesta diferència arribés a la significació estadística i mantenint-se dintre del rang de normalitat referenciat pel laboratori (Taula R-20). Aquests resultats es poden comparar amb els de Takada H (213) que van veure que la secreció de PTH es suspenia transitòriament immediatament després de la realització d'un exercici màxim, metabòlicament anaeròbic, per part de jugadores de bàsquet i que s'estimulava durant la recuperació. La recollida de les mostres de sang de les jugadores de bàsquet es va fer entre una i dues hores després del primer entrenament diari, coincidint amb aquest període de recuperació postesforç. Aquesta circumstància es podria relacionar amb un increment de la secreció de la PTH que en les jugadores de bàsquet, tot i ser lleugerament superior al del grup control, es va mantenir dintre del rang de normalitat i, per tant, descartant el possible efecte deleteri de l'increment dels nivells de PTH sobre la massa òssia d'aquestes esportistes.

2-. INGESTA DE CALCI

Es va fer un registre basal de la ingesta de nutrients amb un alt contingut de calci, per tal de poder fer un càlcul aproximat de la ingesta diària en mg/d. En cada una de les temporades de seguiment, es va interrogar a totes les components de la mostra en relació a possibles canvis en la seva ingesta habitual de productes rics en calci. Aquest registre es va fer de forma basal per tal de poder establir si hi havia diferències entre els dos grups respecte a una variable que s'ha vist que podia modificar el ritme dels guanys ossis i de reabsorció (55;56), i, per tant, actuar com a variable confusora al voler establir una relació entre l'exercici físic intensiu i la massa òssia de les noies estudiades. El registre es va anar actualitzant durant les tres temporades per tal de descartar un possible canvi en els hàbits alimentaris que pogués influenciar en el ritme d'adquisició òssia al llarg de l'estudi comparatiu.

S'ha de tenir present en valorar els resultats d'aquesta variable que el paper de la ingesta de calci en l'adquisició de la massa òssia durant l'adolescència és un tema, encara ara, controvertit, tal i com s'ha plantejat a la introducció. La majoria d'experts coincideixen en que el consum de calci hauria d'augmentar durant els anys més importants del creixement ossi, especialment durant la preadolescència i l'adolescència, però hi ha poc acord en relació a la quantia de calci recomanat. En aquest estudi, hem pres com a referència la recomanació del National Institutes of Health (245) que situa la quantitat recomanada en 1300 mg per dia, per considerar que és la recomanació que està més en consonància amb estudis de complementació de calci com els de Johnston CC Jr *et al.* (56) ; Bonjour J-Ph *et al.* (55) i Jackman LA (80) que senyalen que l'adquisició de mineral ossi, en relació a la ingesta de calci, sembla aconseguir els nivells més alts amb un consum de 1100 a 1200 mg/d i que no proporcionen una avantatge diferencial per sobre de 1300 mg/d.

A l'hora de valorar la importància d'aquesta variable s'ha de tenir present que la ingesta de calci és una dada que s'hauria de complementar amb el registre d'altres nutrients que poden interferir en l'absorció del calci. Aquests registres no s'han realitzat en aquest estudi, de la mateixa manera que en la majoria de la literatura en la que es valora els efectes de l'exercici físic sobre la

massa òssia o fins i tot en aquells en que es compara els efectes de l'exercici físic versus la ingesta de calci, ja que s'allunyava de les possibilitats i els objectius d'aquest estudi i estaria dintre de l'abast d'un estudi nutricional i/o un estudi de balanç.

En el registre setmanal de la ingesta de racions de nutrients amb un alt contingut de calci, vàrem trobar que la mitjana de la ingesta de calci de les jugadores de bàsquet va ser de 1472,73 mg diaris, lleugerament per sobre dels 1300 mg recomanats pel National Institutes of Health; en canvi la mitjana de la ingesta de les estudiants es va situar en 858,33 mg diaris, sensiblement per sota d'aquests valors, corresponent a un 66% de la ingesta recomanada. El consum diari del grup d'estudiants de la mostra estudiada va estar en la línia del que Martínez MJ *et al.* (82) van apuntar com a tendència en la ingesta de calci de les adolescents del nostre entorn geogràfic: en el seu estudi van poder observar que en les nenes a partir dels 14 anys la ingesta de calci disminuïa fins a una 60% de la ingesta diària recomanada. De totes formes, s'ha de tenir present que la ingesta de les estudiants estaria per sobre de les recomanacions fetes en el Regne Unit (800mg/d) pel mateix grup d'edat. Aquest fet fa que es plantegi amb molta prudència si el consum de calci és o no insuficient en aquest grup i, per tant, si pot arribar a tenir un efecte deleteri en la massa òssia de les estudiants, ja que pel que defensen Ruíz JC *et al.* (67) no complir uns mínims d'ingesta diària de calci pot tenir efectes negatius per la massa òssia. Aquests autors, en un estudi en el que valoraven la influència de la ingesta espontània de calci i de l'exercici en la densitat òssia vertebral i femoral de nens i adolescents, van trobar que el 93% dels 28 nens i adolescents de la seva mostra que tenien un valor baix de z score a nivell lumbar i el 84% dels 31 que el tenien baix a nivell femoral, consumeixen per sota de 1000 mg diaris de calci.

Al fer les comparacions entre el dos grups del nostre estudi, es va poder constatar que la ingesta de calci del grup de jugadores de bàsquet era significativament major que la de les estudiants (p -valor $< 0,001$). Aquesta va ser l'única variable, a més de l'exercici físic, considerada a la literatura com determinant de l'adquisició de la massa òssia que va mostrar diferències significatives entre els dos grups. A més de la diferència entre els dos grups, la mitjana de la ingesta de les jugadores de bàsquet va estar clarament dintre del

que es consideraria òptim per l'adquisició de l'os i la de les estudiants en el llindar o per sota de les recomanacions de les diferents comunitats internacionals i del que la majoria d'estudis de complementació amb calci considera com a òptim. Per tant, va ser de gran interès per aquest estudi poder arribar a atribuir els guanys de massa òssia a la relació amb una o altra variable per tal de poder establir una relació de causalitat.

És per això que, en aquelles variables de la DEXA i el TACC que en l'anàlisi de mesures repetides es van detectar diferències significatives al llarg del seguiment, es va calcular la correlació de Pearson per tal de poder veure la seva correlació amb les dades preses durant l'estudi comparatiu en relació a la ingesta de calci i la mitjana d'hores d'exercici físic en les tres temporades de l'estudi. A la Taula R-42 i representat a la fig. R-53, observem que en cap cas l'increment de la massa òssia es va correlacionar només amb la ingesta de calci, per tant, en cap cas la ingesta de calci explicaria per si sola els guanys significativament majors assolits per les jugadores de bàsquet; podem intuir que en el nostre estudi la ingesta de calci només podria modular la resposta de la massa òssia a l'exercici, al igual que el que defensen Specker (204) i Iuliano-Burns *et al.* (203).

Els guanys de massa òssia vertebral no van mostrar una correlació significativa amb la ingesta de calci. Aquests resultats estan en la línia dels obtinguts per Boot AM *et al.* (24) que, en un estudi en el que establien l'associació entre la ingesta de calci, entre d'altres paràmetres, i la DMO lumbar i a tot el cos en nens i adolescents de entre 4 i 20 anys, no va trobar correlació entre la ingesta de calci (amb una mitjana de 1180mg/d) i la DMO lumbar en cap dels dos sexes. L' Amsterdam Growth and Health Study (207), en el que es feia un seguiment de 84 nois i 98 noies dels 13 als 27 anys, va concloure que la ingesta diària de calci no es mostrava com un predictor significatiu de la DMO lumbar en cap dels dos sexes, al igual que l'estudi de Boot, i en cap dels 3 períodes de temps en que es va subdividir l'estudi. Cal senyalar que la mitjana de la ingesta diària en la franja d'edat dels 13 als 17, equivalent a l'edat de la nostra mostra, va ser de $1100 \pm 366,2$ pels nois i $941,4 \pm 304,3$ per les noies. En estudis en els que s'administrava un suplement amb calci (55;56;69) van poder constatar que els beneficis d'un increment de la ingesta de calci era major en la diàfisi del ossos llargs, on hi ha un predomini d'os cortical, en canvi, no van

trobar que aquests beneficis es produïssin a nivell de columna, on hi ha un predomini d'os trabecular i on tampoc hem trobat nosaltres que es produeixin aquests beneficis. En aquesta àrea d'estudi, l'exercici físic va ser l'única variable que explicaria un major increment de la massa òssia en les jugadores de bàsquet.

La DMO a nivell de coll femoral i radi distal, així com de CMO a nivell de fèmur total, a l'igual que la massa òssia vertebral, només es van correlacionar amb la mitjana d'hores d'exercici físic i no amb la ingesta de calci. D'aquesta manera es poden atribuir els guanys de massa òssia, en aquestes regions d'estudi, al manteniment d'un nivell elevat d'exercici físic per part de les jugadores de bàsquet. Aquests resultats es poden comparar amb els trobats en d'altres treballs, malgrat els grups de practicants d'exercici físic mantenien un nivell més baix que el nostre grup de jugadores de bàsquet. En l'estudi de Friedlander Al *et al.* (75), el grup que va seguir un programa d'exercici físic de dos anys de durada, va experimentar un increment significatiu dels paràmetres ossis valorats. En contrast, la complementació amb 1500 mg/d de calci, superior a la ingesta de la nostra mostra, no hi va tenir repercussions significatives. Val a dir que aquest grup estava conformat per noies més grans (20-35) que les nostres i que els efectes de l'increment de la ingesta de calci i de l'exercici físic sembla que en aquesta edat ja no són tan rellevants pels guanys ossis. Lloyd *et al.* (206) en un estudi prospectiu de la Universitat Estatal de Pennsylvania en Hersey (EEUU), no va trobar correlació significativa entre la ingesta de calci (entre 500 i 1900mg/d) i la massa òssia, en canvi si la va trobar amb l'exercici físic, fins i tot lleuger. És interessant destacar que la diferència entre el consum mínim i màxim i els valors d'ingesta de calci entre els que oscil·la aquest grup és similar al de les participants en el nostre estudi que tenia un valor mínim de 650 mg/d i un màxim de 1950 mg/d. Mehlenbeck RS *et al.* (162) tampoc van trobar correlació entre la DMO i la ingesta de calci, tot i administrar un complement de calci de 1000 mg/d en l'assaig amb cegament doble.

La DMO a nivell de fèmur total, trocànter i regió intertrocantèria, així com el CMO a la regió intertrocantèria femoral i al radi cortical, va mostrar correlació tant amb la ingesta de calci com amb la mitjana d'exercici físic. En aquests

casos, en aplicar un Model de Regressió Lineal Multivariable Stepwise (taula R-43), la variable que va explicar millor l'increment de massa òssia va ser l'exercici físic i amb un coeficient sempre significatiu, amb l'excepció del CMO a nivell del radi cortical, on la variable explicativa va ser la ingesta de calci amb un coeficient, també significatiu. Cal destacar que en l'única àrea en la que no podem atribuir els guanys en l'os a la relació entre massa òssia i l'exercici físic, és una àrea que no suporta una càrrega mecànica important durant la pràctica del bàsquet. A més, en aquesta àrea, l'anàlisi de mesures repetides ens va donar una diferència significativa en el temps, podent-ne interpretar que la ingesta de calci és la variable que explicaria millor l'increment de la massa òssia en la totalitat de la mostra i en el decurs del temps, en una àrea que no suporta una càrrega mecànica important en l'esport practicat. Per altra banda també s'ha de tenir present que aquesta és una àrea en la que, segons diferents autors (55;56;69) , al correspondre a la diàfisi d'un os llarg, on hi ha predomini d'os cortical, sembla que aquest respongui millor a una major ingesta de calci.

Fehily *et al.* (208), en un estudi en el que es va seguir durant 14 anys a un grup de 581 nens i nenes per tal de veure l'efecte de la ingesta d'un complement de llet en el creixement dels nens i en la DMO i CMO del canell no dominant a l'arribar a l'edat adulta (20-23 anys), es va trobar una associació significativa de la massa òssia, en les noies, amb la ingesta de calci (p-valor<0,05), la vitamina D (p-valor<0,01) i l'activitat esportiva practicada durant l'adolescència (p-valor<0,01). En aplicar un Model de Regressió Lineal Multivariable, de forma similar a la del present estudi, van trobar que l'activitat física realitzada durant l'adolescència era la variable que explicava millor, en relació a la ingesta, la DMO al principi de l'edat adulta.

Per altra banda, Stear SJ *et al.* (209), van trobar beneficis per la massa òssia, tant amb l'exercici físic com amb la ingesta de calci, en aquells casos en que hi va haver seguiment del programa. Val a dir que aquest programa era poc exigent, ja que només suposava 45' d'exercici setmanal, a més l'adherència va ser només d'un 25% del grup assignat a l'exercici físic. Aquest fet pot explicar que el programa d'exercici no obtingués avantatge en els beneficis per la massa òssia en relació a la ingesta de calci, tal i com s'ha evidenciat en d'altres estudis esmentats i en el que és motiu d'aquesta tesi.

Per tant, podem considerar que és l'exercici físic i no la ingesta de calci el que condiciona la major adquisició de massa òssia de les jugadores de bàsquet en relació a les estudiants, en determinades àrees d'interès. Aquests resultats estan en la línia dels de Boot, Friedlander, Lloyd i Mehlenbeck (24;75;162;206), que no troben una relació explícita entre la ingesta de calci i l'increment de la massa òssia i, en canvi, sí que el troben entre l'exercici físic i els guanys de massa òssia d'aquelles zones especialment implicades amb l'exercici realitzat. D'altra banda en aquelles àrees en les que l'exercici físic i la ingesta de calci correlacionaven amb la massa òssia, va ser l'exercici físic el que explicava millor els guanys ossis, tal i com amb anterioritat també havien trobat en els seus treballs Runyan (59) i Fehily (208).

Així es pot arribar a concloure que la ingesta de calci, encara que significativament diferent en els dos grups d'estudi, no és directament la causant de les millores en la massa òssia experimentades al llarg de l'estudi comparatiu. La càrrega mecànica, derivada de l'exposició a un programa d'entrenament intensiu, és el factor predominant en l'increment de la massa òssia, significativament major en les jugadores de bàsquet en aquelles àrees estudiades (columna lumbar i fèmur) que reben una càrrega mecànica important durant la pràctica d'aquest esport.

3-. FACTORS TÒXICS

La influència negativa que poden tenir certs hàbits tòxics sobre la massa òssia en qualsevol etapa de la vida, va motivar el registre d'una sèrie de variables per tal de definir la importància d'aquests hàbits en la població estudiada. El tabaquisme, el consum d'alcohol i de cafè poden repercutir en l'adquisició de la massa òssia si el seu consum s'inicia a una edat primerenca. És per això que es va enregistrar de forma basal si les noies participants en l'estudi eren fumadores i si consumien alcohol i cafè. Per cada una d'aquestes variables, en el cas de resposta afirmativa, es va enregistrar el consum setmanal. En els següents controls anuals es va interrogar en relació als possibles canvis en els hàbits tòxics valorats a nivell basal.

Tal i com s'especifica en l'apartat dels resultats, la totalitat de la mostra estudiada es va declarar no fumadora i abstèmia. Pel que fa al consum habitual de cafè, va ser mínim i només 4 components del grup d'estudi (25%) consumien cafè, amb una mitjana d'ingesta de cafè per a aquest grup de 1 ± 2 tasses setmanals (Taula R-23), ingesta que es pot qualificar de molt moderada i/o mínima i, per tant, insuficient per incidir de forma negativa en la massa òssia de la nostra població.

L'escassa incidència d'hàbits tòxics va motivar el que no es plantegés valorar la seva correlació amb la massa òssia, ja que podríem considerar que ambdós grups van presentar una igual i/o similar absència de consum de tabac, alcohol i cafè.

4-. EXERCICI FÍSIC

Per tal de poder valorar la influència de la pràctica del bàsquet d'elit i de l'entrenament intensiu, que li és inherent, en la massa òssia de noies adolescents, es va dissenyar aquest estudi longitudinal prospectiu en el que es va fer un seguiment de les jugadores de bàsquet mentre estaven becades per participar en el programa d'alt rendiment, Segle XXI. Aquest programa té una durada de 4 anys, en els que es va fer un registre detallat i precís de les hores d'entrenament de cada una de les jugadores dintre del programa Segle XXI i, també, en les activitats fora d'aquest, sota el règim de concentració amb el pla de tecnificació del CSD i amb les seleccions nacionals de categories inferiors, junior i cadet. Cal destacar, en virtut de la precisió de les dades sobre les hores d'entrenament, que la doctoranda va participar com a preparadora física del programa Segle XXI i en la majoria de concentracions de la Federació Espanyola, fora del programa, en les que les jugadores del grup d'estudi van ser convocades. Aquest fet va facilitar que es controlés de forma directa el factor d'estudi, fins al punt de què per cada jugadora es comptabilitzés, també, els dies que havien estat de baixa per lesió (Taula R-10).

Per tal de poder establir la hipotètica influència d'aquest tipus d'entrenament sobre la massa òssia, es va comparar amb un grup control inactiu del mateix rang d'edat, durant tres temporades. En aquest cas les hores d'exercici del grup control van ser enregistrades de forma anual, en els 3 controls realitzats. Malgrat fer-se els registres de forma anual no es va veure alterada la precisió d'aquesta dada, ja que en la majoria de noies només es va haver de comptabilitzar les hores d'Educació Física a l'Institut.

En comparar la mitjana d'hores d'exercici físic dels dos grups es va veure, com era d'esperar, que hi havia una diferència significativa en cada una de les tres temporades en què es va fer la comparació (p -valor $<0,001$ en tots els casos), i que la mitjana d'hores d'exercici físic realitzat per les estudiants i les jugadores de bàsquet s'havia mantingut. Al fer la comparació de les mitjanes de cada una de les temporades, dintre de cada grup, els p -valors obtinguts van ser de 0,816 per les jugadores i de 0,582 per les estudiants.

Després dels resultats discutits amb anterioritat en relació a les altres variables valorades que poden influir en l'adquisició de la massa òssia en el rang d'edat de la mostra estudiada, es podrà fer esment a partir d'ara de la relació de les diferències en l'adquisició de l'os amb aquest, evident, diferent nivell d'exercici físic.

➤ Massa òssia i durada del programa d'entrenament:

Els percentatges de millora de la massa òssia del grup de jugadores de bàsquet van ser lleugerament més grans al principi del seguiment, en relació a les altres temporades (taules R-50 a R-54), en diverses localitzacions en les que el percentatge dels guanys entre els dos primers registres, van superar als experimentats fins a la finalització del seguiment, corresponents a l'estudi comparatiu. El ritme d'increment es va mantenir i fins i tot es va accelerar, de forma general, fins als tercer control en les jugadores de bàsquet. En el quart i últim control, de forma també generalitzada, es va poder observar una desacceleració del ritme dels guanys en aquest grup i fins i tot un inici de la tendència involutiva, especialment en aquelles zones que no reben una càrrega mecànica important durant la pràctica del bàsquet (Figures R-54 a R-74).

En general, la massa òssia de les jugadores de bàsquet va experimentar un increment significatiu en el temps en les zones de càrrega, a excepció del CMO en el triangle de Ward (taules R-44 i R-45). A més, l'evolució en el temps de la massa òssia d'aquestes localitzacions va seguir un perfil evolutiu diferent en relació a les controls inactives, durant l'estudi comparatiu (Figures R-32 a R-43), ja que les jugadores de bàsquet van tenir un ritme d'increment més accentuat respecte les controls i van mantenir i/o estabilitzar els guanys en localitzacions en les que la massa òssia de les components del grup control va iniciar un procés involutiu.

En la revisió de la literatura realitzada, són pocs els estudis prospectius que s'han trobat, en la població general i en l'adolescència en particular, en els que es valora la relació de l'exercici físic i/o pràctica esportiva relativament intens/a amb la massa òssia. La majoria no superen l' any de seguiment, tot i

que s'ha d'esmentar com a excepció el treballs de Nurmi-Lawton J (143), Laing (144) i Gustavsson (145).

L'estudi de Nurmi-Lawton (143), publicat recentment, va fer un seguiment d'una cohort de gimnastes i les seves controls durant tres temporades competitives. Aquest estudi demostra que es mantenen els majors beneficis per l'esquelet, respecte les controls inactives, com a conseqüència del manteniment d'un programa d'entrenament intensiu (entre 9 i 27 hores setmanals) en els diferents estadis de desenvolupament puberal, en una disciplina que implica una activitat d'impacte vertical. L'estudi descriu un perfil evolutiu similar de la DMO de les gimnastes i les seves controls, encara que a dos nivells diferents. Les gimnastes, durant l'estudi continuen amb un programa d'entrenament iniciat entre 2 i 12 anys abans (mitjana de 6,5 anys), que segurament explicaria les diferències basals entre els dos grups. Quedaria per veure quina hauria estat la resposta inicial de la massa òssia al programa d'entrenament de les gimnastes, aspecte que sí s'ha pogut contrastar en el nostre treball, veient que la resposta inicial és lleugerament més accentuada en relació al ritme dels guanys dels altres anys de seguiment.

Pel que fa al possible efecte acumulatiu de l'exercici d'alt impacte sobre la massa òssia, els resultats obtinguts en el nostre treball, mostren que la tendència general de la massa òssia va ser de mantenir un ritme d'increment més accentuat en les esportistes respecte les controls inactives. En les zones de càrrega les diferències entre els dos grups s'accentuen amb el temps. Per tant, tot i que es pot intuir una lleugera adaptació de l'os a l'estímul de la càrrega d'entrenament, el manteniment d'un volum molt important d'exercici físic, amb un tipus d'activitat que implica una càrrega mecànica elevada, allarga en el temps el ritme elevat dels guanys de massa òssia i retarda o suavitza la seva involució en aquelles zones d'interès en les que aquest procés involutiu s'inicia de forma més primerenca . Aquests resultats adquireixen una major rellevància si es té present que s'ha pogut constatar que l'exercici físic és més beneficiós per la massa òssia abans de la menarquia que després (191), i que els beneficis per la massa òssia de les adolescents es fa més evident fins, aproximadament, dos anys després de la menarquia (22). La mitjana de l'edat, en la menarquia, de les jugadores de bàsquet va ser de $12,27 \pm 1,1$ anys, mantenint el ritme d'increment ossi en un període en el que diferents autors han

vist que es produeix una desacceleració d'aquests guanys en la població activa i/o esportista (31;130;131;155;188;189;191) com no activa (22;23;73) i en el que d'altres han trobat que només es mantenen els guanys adquirits, en relació a l'exercici físic, obtinguts en etapes anteriors (246).

Els beneficis per l'os durant el període peripuberal i puberal han estat constatats en el treball de Laing (144) realitzat amb gimnastes, a l'igual que l'estudi de Nurmi-Lawton (143), d'entre 8 i 13 anys. Aquest autor no va trobar una diferència basal en la DMO de les gimnastes respecte les seves controls inactives, però la diferència es va anar incrementant al llarg dels tres anys de seguiment, de la mateixa manera que hem trobat en el nostre treball. Cal tenir present que aquest estudi valorava la massa òssia de les esportistes en una franja d'edat en la que els beneficis per l'os de l'exercici físic s'ha vist que són més accentuats, tal i com s'ha esmentat anteriorment.

D'altra banda, per la comparació de les repercussions per l'os de programes d'exercici intens, específicament durant l'etapa postpuberal i amb un seguiment prospectiu, hem trobat només la referència del treball de Gustavsson (145). Aquest autor va poder establir que els jugadors de bàdminton i de hockey gel continuaven amb els guanys de massa òssia en les zones específicament implicades en l'exercici, entre els 16 i els 19 anys. La tendència dels guanys de massa òssia seria comparable a la trobada en el nostre estudi amb les jugadores de bàsquet, encara que s'ha de tenir present que es tracta d'esportistes masculins i que la càrrega d'entrenament setmanal d'aquests esportistes va ser sensiblement inferior (mitjana de $7,3 \pm 1,4$ h/setmana i $11,4 \pm 2$ h/setmana pels jugadors de bàdminton i hockey gel respectivament) a la de les nostres jugadores, fet que dificulta la comparació més detallada.

D'aquesta manera es podria concloure que la pràctica de bàsquet d'alt nivell, amb un programa d'entrenament intensiu, possibilita l'increment del ritme dels guanys massa òssia i/o els allarga en el temps durant l'adolescència tardana, en les zones implicades principalment l'exercici, si es compara amb el ritme dels guanys de les controls inactives de la mateixa edat.

➤ Volum d'entrenament setmanal i massa òssia:

Pel que respecta al volum setmanal d'entrenament del grup de jugadores de bàsquet (amb una mitjana de 21h/setmana, independentment de la competició, durant la temporada regular), va estar molt per sobre de la majoria dels grups d'esportistes estudiats en els treballs consultats. En aquests treballs, de forma general, es valorava la diferència en un moment determinat entre la massa òssia dels esportistes i un grup control inactiu, relacionant aquesta diferència amb la història prèvia d'exposició a un programa d'entrenament més o menys exigent en quan al volum de la càrrega d'entrenament setmanal.

Per a la valoració de la influència sobre la massa òssia de l'entrenament seguit per les jugadores de bàsquet al llarg de les 4 temporades que van estar sota el règim del programa Segle XXI, es va calcular la correlació entre la mitjana de les hores d'entrenament anual i l'increment de la massa òssia en cada una de les localitzacions estudiades. Es va poder establir una correlació significativament positiva entre aquestes dues variables en les zones de càrrega, columna i fèmur proximal, de forma general. En canvi no es va poder establir aquesta associació a nivell d'avantbraç no dominant, àrea anatòmica que no rep una càrrega tan important durant la pràctica del bàsquet.

En les valoracions realitzades a nivell de columna vertebral es va observar una correlació positiva, a un nivell de significació de p-valor de 0,01, entre la mitjana d'exercici físic realitzat i l'increment, tant de la DMO ($r=0,668$) com del CMO ($r=0,772$) d'aquesta àrea. Es va observar una correlació, també positiva, entre les hores d'exercici físic i la DMO femoral en totes les àrees d'estudi, a excepció de la zona del triangle de Ward. En la Taula R-48 es mostren les dades de la significació estadística en la prova de Correlació de Pearson. Pel que respecta a la correlació amb l'increment del CMO femoral, només es va mostrar significativament positiva a nivell de fèmur total i de regió intertrocantèria (taula R-49). En canvi, a nivell d'avantbraç, no es va observar correlació entre la mitjana d'hores d'exercici físic realitzat i l'increment de la massa òssia radial, a excepció de la DMO de la zona distal i del CMO cortical on es va mostrar una correlació significativament positiva (amb una r de 0,631 i 0,565, respectivament) a un nivell de significació del 0,05.

En valorar els treballs publicats amb esportistes de diferents disciplines, el volum d'entrenament de les nostres jugadores només va ser comparable al de les gimnastes dels estudis de Markou (142) i Nurmi-Lawton (143) i dels jugadors de bàsquet del treball de Klesges (141). Val a dir que tot i haver dos estudis amb gimnastes, el tipus d'activitat és comparable a la realitzada per les jugadores de bàsquet en el sentit que són disciplines considerades d'alt impacte, que inclouen activitats de salt vertical en diferents trajectòries, que s'ha vist que tenen un especial efecte osteogènic i de les que es parlarà amb més detall més endavant. En el treball de Markou la mitjana d'hores d'entrenament setmanal de les noies va ser de 30 ± 9 hores setmanals i la dels nois de 27 ± 6 hores. Tal i com s'ha esmentat amb anterioritat, el grup seguit per Nurmi-Lawton entrenava entre 9 i 27 hores a la setmana, mentre que els jugadors de bàsquet de l'estudi de Klesgues realitzaven dues sessions diàries, lleugerament per sobre de les dues hores de durada. Els treballs de Klesgues i Markou apunten un cert efecte deleteri sobre l'os d'un programa d'entrenament tant exigent. Klesges va poder relacionar aquest efecte amb les pèrdues dèrmiques de calci, tal i com s'ha fet esment en l'apartat de la ingesta de calci, que es van superar en una segona temporada de seguiment amb l'administració d'un complement de calci. Markou va comparar els diferents nivells d'entrenament dels participants en el Campionat d'Europa de Gimnàstica del 2002, trobant una correlació negativa entre les hores d'entrenament setmanal i la DMO ($r = -0,531$, $p < 0,0001$). En el nostre treball no només no s'ha evidenciat un efecte deleteri, sobre la massa òssia, de la pràctica del bàsquet d'alt nivell en noies adolescents, sinó que s'ha trobat una correlació significativament positiva entre les hores d'entrenament i l'increment de la massa òssia a nivell de columna i fèmur proximal. Aquests beneficis s'han obtingut, a diferència del treball de Klesgues, sense l'administració d'un complement de calci i amb una ingesta habitual d'aquest mineral dintre del marge de les recomanacions de les diferents comunitats internacionals.

➤ Tipus d'exercici:

La influència de l'exercici físic sobre la massa òssia està modulada, a més de per la magnitud de la càrrega aplicada, pel tipus d'exercici, i l'impacte que suposa a nivell músculo-esquelètic.

Els diversos estudis que han valorat la repercussió sobre la massa òssia de disciplines esportives amb diferent nivell d'impacte, en el cas d'incloure el bàsquet, l'han ubicat dintre del grup d'alt impacte (120;150;152;161-163). El tipus d'activitat realitzada sembla que mostri una major associació amb la massa òssia local, en relació a la força muscular d'aquells grups musculars directament implicats amb les regions òssies valorades.

El bàsquet és una disciplina esportiva en la que es succeeixen activitats de diferent nivell d'impacte vertical. Els salts no estereotipats amb diverses trajectòries són freqüents, reproduint les característiques de la càrrega mecànica que tenen una major influència en la massa òssia. Aquestes accions són les que s'ha vist que tenen una major efecte osteotròfic, tant l'experimentació amb animals (111) com amb estudis controlats, especialment en població jove (129-132).

Les repercussions per l'os de la càrrega mecànica són específiques, tal i com ja s'ha esmentat en diverses ocasions, de les àrees majorment implicades en l'exercici. En el grup de les jugadores de bàsquet les millores més importants es van registrar a nivell de columna lumbar i fèmur proximal. Aquests resultats estan en consonància amb els trobats en estudis controlats que valoraven l'eficàcia d'un programa de multisalts en adolescents amb una edat comparable a la de la nostra mostra. Witzke KA *et al.* (134), van trobar que després d'una intervenció de 9 mesos, el grup d'estudi millorava un 3,1% en comparació al 1,9% de millora de les controls en el CMO del trocànter femoral. Arnett MG (135) va trobar que les adolescents que realitzaven el programa amb un més alt volum de salts, i el portaven a terme durant 4 mesos, eren les que obtenien uns majors beneficis en el CMO a nivell de columna lumbar (2,36%), coll femoral (4,2%) i trocànter femoral (4,8%). Si comparem aquests resultats amb el percentatge de millora de les jugadores de bàsquet, per les mateixes localitzacions (taula A1-1 i A1-3) i durant la primera fase de l'estudi, comparable en quan a les circumstàncies d'edat de les noies i de posta en marxa del

programa que es valora, veurem que van ser majors. A nivell de columna lumbar va ser d'un 7,23%, al coll femoral d'un 6,99% i al trocànter femoral d'un 6,53%, segurament en relació a un interval de temps més llarg entre els controls i a la major exigència del programa.

4.1-. Incidència lesional

Es va enregistrar la incidència lesional durant tot el seguiment amb un doble objectiu. Per un costat, es van enregistrar les lesions patides per les jugadores de bàsquet, i els seus dies de baixa corresponent, per tal de poder quantificar de forma precisa el nombre d'hores d'entrenament de cada una d'elles. Aquesta dada va tenir una especial importància pel càlcul d'hores d'entrenament, en considerar que el bàsquet és un esport d'alt impacte a nivell músculo-esquelètic en el que la incidència lesional és elevada. Si es té present el volum d'entrenament setmanal d'aquestes jugadores, amb una mitjana de 21h durant la temporada regular sense incloure la competició, es podrà entendre que aquesta incidència pogués ser més elevada en tenir un temps d'exposició al risc de lesió tant considerable i que fos necessària la seva quantificació per obtenir la precisió desitjada en el càlcul de les hores reals d'entrenament.

Per altra banda, es va voler enregistrar el nombre de fractures patides per les components de la mostra estudiada i determinar el mecanisme lesional per tal de poder establir possibles relacions entre aquestes i la densitat mineral òssia de les components de la mostra. Cap de les jugadores ni de les estudiants van patir fractures al llarg de l'estudi. Aquesta és una dada clínica destacable, ja que la discrepància entre grandària òssia i el contingut mineral durant el creixement de l'adolescent podria estar relacionat amb una debilitat òssia transitòria, possiblement contribuint a la més alta incidència de fractura en aquest període tal i com apunten alguns autors com Blimkie CJR *et al.*, (38). Un alt nivell d'activitat física durant aquest període podria ser un factor clau per l'explicació de l'increment de fractures durant l'adolescència (27;39), especialment si les persones estudiades practiquen un esport amb una alta incidència lesional como és el nostre cas.

5-. MASSA ÒSSIA

Per a la valoració de la massa òssia es va fer el registre amb DEXA de la DMO i CMO de tres zones d'estudi: fèmur proximal, columna vertebral lumbar i radi distal pel seu interès clínic. L'exploració d'aquestes zones, d'altra banda, tenia una especial importància per l'estudi per tal de poder contrastar el patró evolutiu de l'adquisició de la massa òssia en dues àrees, fèmur proximal i columna vertebral, que s'ha vist que obtenen els majors beneficis en la pràctica d'activitats d'impacte vertical, com és el cas del bàsquet, amb el d'una zona que no rep aquesta càrrega. D'aquesta forma es podria comparar l'adaptació específica que es produeix en relació a la pràctica d'aquesta especialitat esportiva.

Es va enregistrar, també, la massa òssia volumètrica amb la tècnica de TACCp, ja que aquesta tècnica ens permet separar l'os trabecular i el cortical.

Es va fer el registre anual d'aquestes dades al llarg de les quatre temporades de seguiment, en el cas de les jugadores de bàsquet, i en les tres temporades de l'estudi comparatiu, en el cas de les estudiants.

El grup de jugadores de bàsquet va experimentar uns guanys més importants, de forma general en les localitzacions estudiades, al principi del seguiment, abans d'iniciar l'estudi comparatiu amb el grup d'estudiants, tal i com ja s'ha esmentat anteriorment.

En iniciar l'estudi comparatiu, després que les jugadores de bàsquet haguessin iniciat el seu programa intensiu, es va trobar que hi havia una diferència basal tan en la DMO com en el CMO en les diferents zones d'interès de càrrega (columna lumbar i fèmur proximal), a excepció de la zona del triangle de Ward i la DMO en la regió intertrocantèria i en la zona vertebral lumbar. Malgrat aquestes diferències basals i que els percentatges de millora de les jugadores de bàsquet, en algunes zones, van ser més grans entre els dos primers registres de massa òssia en comparació a les altres temporades de seguiment, el comportament evolutiu de la DMO durant l'estudi comparatiu, determinat amb l'anàlisi de mesures repetides, va seguir un perfil diferent en els

dos grups en el decurs del temps, tal i com es veurà de forma més detallada més endavant. Pel que fa a la zona que no rep una càrrega mecànica tant important com les altres dues durant la pràctica del bàsquet, també va mostrar una diferència basal en quan a CMO de les tres localitzacions estudiades, encara que el patró evolutiu va ser diferent al mostrat per les zones de càrrega.

Pel que respecta al CMO, aquest anàlisi va mostrar una diferència significativa entre grups, però aquesta diferència no va ser palesa en el temps. S'ha de tenir present que les dades obtingudes en població pediàtrica en creixement mostren que la DMO reflecteix millor els canvis en la mineralització de la matriu. El CMO es relaciona més amb la talla que la DMO que permet una millor comparació dels canvis de mineralització de la matriu òssia durant la infància i fins l'edat adulta (19;20).

5.1-. Massa òssia vertebral

Per a la valoració de la massa òssia vertebral lumbar es va agafar com a resultat principal la mitjana de les dades del segment comprés entre L1 i L4, tant pel que fa a la DMO com al CMO.

En l'estudi descriptiu de la totalitat de la mostra estudiada, la mitjana de la massa òssia vertebral lumbar va mostrar un increment al llarg dels anys de seguiment. Aquest increment en el temps de la massa òssia vertebral, en el test ANOVA de dos factors amb un de mesures repetides, va ser significatiu tant pel que fa a la DMO com al CMO ($p\text{-valor}<0,001$ i $p\text{-valor}=0,001$ respectivament).

En el cas de la DMO aquest increment va anar disminuint d'una temporada respecte l'anterior, essent més evident en l'últim registre de l'estudi (Fig. R-6). La mitjana del CMO va experimentar l'increment més important entre la segona i la tercera temporada, mentre que en l'últim registre anual ja es va poder objectivar un lleuger decliu, tot i que val a tenir present que en aquest cas la dispersió dels resultats va augmentar lleugerament amb el temps (Fig. R-7). Per tant de forma general, i per la totalitat de la mostra, es va poder observar una tendència cap a l'estabilització dels registres de massa òssia a aquest nivell, comportament que està en consonància amb els estudis que han establert que el PMO en l'os trabecular s'assoleix cap al final de la segona

dècada (27;32;41). Són diversos els autors que situen el pic de màxima adquisició òssia a nivell lumbar en els anys perimenarcals (25;32;37;247), mentre que en els anys que segueixen a aquest període continuen els guanys a un ritme cada vegada més lent, de forma similar al que s'ha pogut observar en la nostra mostra, fins a assolir el PMO d'aquesta àrea d'estudi. En aquest sentit, el treball de Theintz (22) puntualitza que a partir dels 16 anys, aproximadament, es produeix una reducció dràstica de l'acúmulo de massa òssia a aquest nivell. En la nostra mostra aquesta reducció es retarda una mica en el temps, segurament motivat pel comportament evolutiu de la massa òssia vertebral de les jugadores de bàsquet que, a diferència de la de les estudiants segueix augmentant fins al l'últim control (Figures R-32 i R-33).

En comparar els resultats obtinguts per cada un dels grups d'estudi, es va trobar que el patró evolutiu de la DMO i el CMO es va comportar de forma diferent en el temps en els dos grups estudiats, ja que les diferències entre les mitjanes de massa òssia vertebral dels dos grups va anar augmentant progressivament (Fig R-32 i R-33). Mentre les estudiants van experimentar un lleuger declivi en els registres de la última temporada, les jugadores de bàsquet van continuar acumulant massa òssia, encara que a un ritme una mica inferior al de la temporada anterior. Aquest diferent patró evolutiu va assolir la significació estadística (p-valor=0,014 i p-valor=0,007 per la DMO i CMO respectivament).

En un moment del desenvolupament fisiològic en el que la tendència, a nivell de massa òssia vertebral, és a estabilitzar els guanys i/o iniciar el procés involutiu, les jugadores continuen amb el seu increment en relació a la pràctica esportiva d'alt nivell d'una disciplina considerada d'alt impacte. Aquesta constatació cobra més importància si es recorda que els guanys de massa òssia a aquest nivell van estar associats només al'exercici físic i no es va trobar aquesta associació amb la mitjana de la ingesta de calci que, a l'igual que la mitjana d'hores d'exercici físic, era significativament diferent en els dos grups.

Per tant, podem afirmar que l'exercici físic realitzat per les jugadores de bàsquet, en el que els salts són freqüents, és la variable que explica un major increment de la massa òssia vertebral d'aquest grup i un patró evolutiu diferent en relació a les controls inactives.

D'altra banda, en la comparació de la massa òssia vertebral dels dos grups estudiats cal fer esment del diferent comportament de la DMO i el CMO en les diferents comparacions anuals. La DMO no va presentar diferències significatives a nivell basal, ni en cada una de les comparacions anuals, mentre que el CMO de les jugadores de bàsquet va ser significativament superior al de les estudiants en cada una de les comparacions anuals. Aquest diferent comportament de la DMO i CMO podria estar en relació a la constatació feta per alguns estudis amb població pediàtrica que han pogut observar que el CMO es relaciona més amb la talla que la DMO (19;20), aquest fet explicaria que al fer les valoracions del CMO de la nostra mostra les diferències entre els dos grups no estiguin només en relació al temps, sinó en relació al grup al que pertanyen, ja que la talla de les jugadores de bàsquet és significativament major que la de les estudiants.

5.2-. Massa òssia femoral

Per a la valoració de la massa òssia del fèmur proximal, es van estudiar diferents regions d'interès: fèmur total, coll femoral, triangle de Ward, trocànter femoral i regió intertrocantèria, tant pel que fa a la DMO com al CMO. Cada una d'aquestes regions ofereix una informació diferent, ja que no presenten una igual proporció d'os trabecular i cortical.

En l'estudi descriptiu de la totalitat de la mostra estudiada es va poder objectivar un increment major de la mitjana de la DMO i CMO en les àrees amb predomini d'os cortical (coll femoral i regió intertrocantèria) respecte les de predomini trabecular (trocànter femoral i triangle de Ward) (taules R-13 i R-14). Aquests resultats estan en consonància amb l'establiment del PMO de forma més primerenca en l'os trabecular que el cortical, ja que l'os trabecular es mostra més sensible als canvis hormonals que es produeixen durant l'etapa puberal (22). L'os cortical allarga el seu increment en el temps i seria més sensible a l'estímul de la càrrega mecànica que suposa la pràctica esportiva.

En les figures R-9, R-12 i R-17, corresponents a l'anàlisi descriptiu de la mostra, es pot observar que hi ha una cas, el nº 15, que correspon a una jugadora de bàsquet, que va presentar uns valors de DMO i CMO a nivell de triangle de Ward i de DMO al Coll Femoral, que s'escapen, pel llindar inferior,

del rang de valors de la mostra. En l'estudi analític del cas es van poder observar uns valors de Fosfatasa Alcalina molt per sobre dels valors de referència (589 UI/L), així com un Índex Testosterona Lliure de 1,4, el més baix de la mostra i per sota dels valors de referència. És una jugadora que encara estava en període de creixement, ja que va créixer 3 centímetres en el primer any d'estudi. Es pot considerar, per tant, que es tracta d'un cas de certa immaduresa òssia amb retard d'apòsició trabecular. D'altra banda, també s'ha de tenir present que és una de les jugadores que està en la franja alta dels dies d'inactivitat per lesió (148 dies), encara que cap d'aquestes lesions va ser una fractura.

En comparar els resultats d'un i altre grup anualment, el CMO va ser significativament major en les jugadores de bàsquet, en totes les comparacions anuals, a excepció de l'àrea del triangle de Ward (taula R-33). La DMO va mostrar, també, diferències significatives, o en el límit de la significació estadística, en les comparacions anuals menys en la regió intertrocantèria i en l'àrea del triangle de Ward (taula R-32).

En l'anàlisi de mesures repetides es va poder constatar, com a reflex de les diferències observades en les comparacions anuals, una diferència significativa de la CMO en les diferents zones estudiades, a excepció del triangle de Ward, en relació al factor grup d'estudi. Aquesta diferència no va variar entre temporades (p -valors $>0,05$) ni va evolucionar de forma diferent entre els dos grups al llarg dels registres anuals (p -valors $>0,05$). El manteniment de les diferències en el CMO dels dos grups al llarg del seguiment podria trobar la seva explicació en una major relació del CMO amb la talla, ja esmentada anteriorment, que és significativament major en les jugadores de bàsquet.

La DMO a nivell de fèmur total, coll femoral i trocànter femoral va ser significativament major en les jugadores al llarg de tot el seguiment i amb un patró evolutiu, també significativament diferent (els p -valors obtinguts en l'anàlisi de mesures repetides es mostren a la taula R-32). La DMO a nivell de regió intertrocantèria va experimentar un increment significatiu (p -valor=0,037) en el temps, sense que aquest provoqués diferències entre els dos grups (p -valor=0,165).

El patró evolutiu en la població pediàtrica diu que el PMO a nivell de fèmur s'assoleix abans que a la columna (31), això podria explicar que a nivell de fèmur, en algunes àrees d'estudi, s'estabilitzin abans els valors i, per tant no hi hagi tants beneficis al final de l'estudi.

Les zones on hi ha una evolució diferent en el temps de la DMO de les esportistes i de les estudiants (trocànter femoral i coll del fèmur), coincideixen amb aquelles en les que els estudis amb activitats de salt veuen que hi ha un major increment de massa òssia (129-131;133;239). Aquests estudis, de la mateixa manera que en el nostre treball, també troben beneficis a nivell de columna lumbar.

En l'àrea del triangle de Ward no es van trobar diferències entre els grups en cap de les comparacions realitzades. El perfil evolutiu va ser similar en els dos grups, d'increment en el tercer control respecte el segon i de declivi en l'últim. Malgrat que aquest perfil es va produir en dos nivells de massa òssia diferents, aquesta diferència no va ser suficient per arribar a la significació estadística. Aquesta és una àrea de poca variabilitat en la que l'os és de predomini trabecular que, segons Gilsanz (28), és major en els adolescents en relació als adults. Matkovic *et al.* (27) van trobar que és una àrea d'estudi en la que la massa òssia declina abans, en arribar al PMO ja inicia la seva involució, tal i com es pot observar també en el patró evolutiu de la massa òssia de la nostra mostra.

5.3-. Massa òssia del canell

Per a la valoració de la massa òssia del canell no dominant es van utilitzar dues tècniques de valoració, DEXA i TACCp. En l'exploració del radi proximal amb DEXA es van estudiar tres àrees: radi ultradistal, distal i cortical, per cada una d'elles es van enregistrar la DMO i el CMO. Amb el TACCp es va valorar la DMO volumètrica total, cortical i trabecular del canell.

En l'estudi descriptiu de la totalitat de la mostra es va poder observar que tant la mitjana de la DMO com la del CMO a nivell del radi ultradistal disminueixen lleugerament al final de les quatre temporades d'estudi. Es tracta d'una zona amb predomini d'os trabecular. D'altra manera, en les altres dues localitzacions (radi distal i cortical) es va enregistrar un balanç positiu al llarg de l'estudi. Les zones amb predomini d'os trabecular són les que inicien un procés

involutiu més important, especialment en el cas de les jugadores de bàsquet, podent establir una hipotètica relació amb uns valors més elevats dels marcadors de resorció òssia. A més, tal i com s'ha fet esment en diverses ocasions, l'os trabecular, més sensible als canvis metabòlics, inicia de forma més primerenca el seu procés involutiu.

En les comparacions anuals entre els grups estudiats, no es van trobar diferències en la DMO en cap de les comparacions, en canvi el CMO va ser estadísticament diferent en totes les temporades de l'estudi comparatiu. L'evolució en el temps no va ser diferent entre grups, exceptuant la DMO a nivell distal i el CMO del radi cortical.

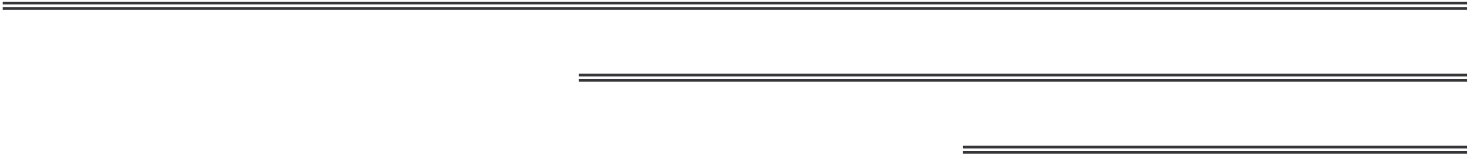
En la interpretació dels resultats s'ha de tenir present que aquesta és una zona que no reb una càrrega tant important, durant la pràctica del bàsquet com la columna vertebral i fèmur proximal. Els resultats obtinguts es podrien comparar als trobats en l'estudi de Magnusson H *et al.* (174), en el que la zona que reb una càrrega mitjana no mostra diferències rellevants entre esportistes i controls.

Les variables enregistrades amb el TACC, no van mostrar diferències significatives entre els grups estudiats, en canvi sí una evolució estadísticament significativa en el temps a nivell total i d'os cortical. Aquests resultats es mostren diferents als de Seeman E (36) i Lu PW (11) que van trobar que en els ossos llargs el creixement es produeix en longitud i àrea de secció transversal i/o diàmetre, sense que l'augment del gruix de la cortical segueixi la mateixa proporció, per tant, segons aquests autors, la densitat òssia volumètrica dels ossos llargs canvia poc al llarg de la infància i l'adolescència.

6-. DIFICULTATS I LIMITACIONS DE L'ESTUDI

El grup d'estudi, que està exposat a més hores d'entrenament, ho fa sempre en instal·lacions cobertes. Part del treball d'acondicionament físic el fan a l'aire lliure, però en un horari en el que l'exposició solar és mínima. Per tant podrien dir que és un grup que compte amb poques hores d'exposició solar, que podria revertir en una aportació deficient de vitamina D. Aquesta és una variable que ha quedat sense quantificar i de la que no es tenen dades del grup control.

CONCLUSIONS



CONCLUSIONS

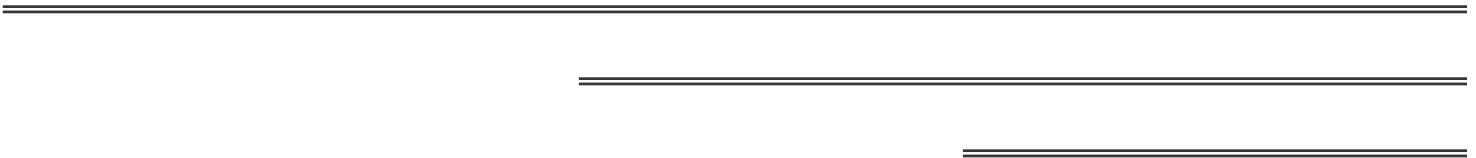
Segons els resultats obtinguts en aquest estudi es poden extreure les següents conclusions:

1. La pràctica de bàsquet d'alt nivell, amb un programa d'entrenament intensiu, millora la massa òssia de noies d'entre 14 i 18 anys.
2. La pràctica de bàsquet d'alt nivell, durant l'adolescència tardana, incrementa els guanys de massa òssia, en les zones més implicades amb l'exercici.
3. El manteniment d'un volum molt important d'exercici físic, amb un tipus d'activitat que implica una càrrega mecànica elevada, allarga en el temps els guanys de massa òssia i retarda o suavitza la involució en aquelles zones d'interès en les que el procés involutiu fisiològic s'inicia de forma més primerenca.
4. Les hores d'entrenament, en el marc de la pràctica del bàsquet d'alt rendiment, tenen una associació significativament positiva amb l'increment de la massa òssia a nivell de columna lumbar i fèmur proximal.
5. La ingesta de calci no explica de manera aïllada els guanys de massa òssia significativament majors assolits per les jugadores de bàsquet, en tot cas se li pot atribuir un paper modulador en l'adquisició òssia, en el sentit de que potencia els efectes de l'exercici físic.

6. A nivell de la columna vertebral lumbar, l'exercici físic va ser l'única variable, independentment dels efectes del calci, que va explicar el major increment de la massa òssia en les jugadores de bàsquet.

7. L'exercici físic intens, mitjançant la pràctica del bàsquet d'alt nivell, no va acompanyat d'una pèrdua de pes corporal, d'alteracions del cicle menstrual, ni d'un augment de lesions òssies en noies adolescents.

BIBLIOGRAFIA



Bibliografía

- (1) Bennell K, Kannus P. Hueso. In: Kolt GS, Snyder-Mackler L, editors. *Fisioterapia del deporte y el ejercicio*. 1ª ed. Madrid: Elsevier; 2004. p. 65-88.
- (2) Johnston CC, Jr., Slemenda CW. Determinants of peak bone mass. *Osteoporos Int* 1993;3 Suppl 1:54-5.
- (3) Frost HM. The skeletal intermediary organization. *Metab Bone Dis Relat Res* 1983;4(5):281-90.
- (4) Frost HM. Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 1. Redefining Wolff's law: the bone modeling problem. *Anat Rec* 1990 Apr;226(4):403-13.
- (5) Frost HM. Some ABC's of skeletal pathophysiology. 6. The growth/modeling/remodeling distinction. *Calcif Tissue Int* 1991 Nov;49(5):301-2.
- (6) Sheikh B. Bone healing. In: Hoppenfeld S, Murthy V, editors. *Treatment and rehabilitation of fractures*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2000. p. 1-6.
- (7) Ibáñez R. Técnicas de medida de densidad de masa ósea. An Sist Sanit Navar 200326 suplemento 3 Available from: URL: <http://www.cfnavarra.es/salud/anales/textos/vol26/sup3/suple3a.html>
- (8) Lewiecki EM, Watts NB, McClung MR, Petak SM, Bachrach LK, Shepherd JA, et al. Official positions of the international society for clinical densitometry. *J Clin Endocrinol Metab* 2004 Aug;89(8):3651-5.
- (9) Bachrach LK, Hastie T, Wang MC, Narasimhan B, Marcus R. Bone mineral acquisition in healthy Asian, Hispanic, black, and Caucasian youth: a longitudinal study. *J Clin Endocrinol Metab* 1999 Dec;84(12):4702-12.
- (10) Faulkner RA, Bailey DA, Drinkwater DT, McKay HA, Arnold C, Wilkinson AA. Bone densitometry in Canadian children 8-17 years of Age. *Calcif Tissue Int* 1996 Nov;59(5):344-51.
- (11) Lu PW, Cowell CT, Lloyd-Jones SA, Briody JN, Howman-Giles R. Volumetric bone mineral density in normal subjects, aged 5-27 years. *J Clin Endocrinol Metab* 1996 Apr;81(4):1586-90.
- (12) Molgaard C, Thomsen BL, Prentice A, Cole TJ, Michaelsen KF. Whole body bone mineral content in healthy children and adolescents. *Arch Dis Child* 1997 Jan;76(1):9-15.

- (13) Taylor A, Konrad PT, Norman ME, Harcke HT. Total body bone mineral density in young children: influence of head bone mineral density. *J Bone Miner Res* 1997 Apr;12(4):652-5.
- (14) van der Sluis I, de Ridder MA, Boot AM, Krenning EP, de Muinck Keizer-Schrama SM. Reference data for bone density and body composition measured with dual energy x ray absorptiometry in white children and young adults. *Arch Dis Child* 2002 Oct;87(4):341-7.
- (15) Wang MC, Aguirre M, Bhudhikanok GS, Kendall CG, Kirsch S, Marcus R, et al. Bone mass and hip axis length in healthy Asian, black, Hispanic, and white American youths. *J Bone Miner Res* 1997 Nov;12(11):1922-35.
- (16) Armadá MI, Alonso T, Viña E, Bueno G, Ruibal JL, Zuluaga P, et al. Mineralización ósea: Contenido en columna lumbar de una muestra de población menor de 21 años (I). *Acta Pediátrica Española* 1998;56:457-61.
- (17) Armadá MI, Alonso T, Viña E, Bueno G, Ruibal JL, Zuluaga P, et al. Estudio comparativo de mineralización ósea en niños y adolescentes con talla baja familiar y grupo control de referencia. *An Esp Pediatr* 1998;49:467-74.
- (18) Armadá MI, Alonso T, Viña E, Bueno G, Ruibal JL, Zuluaga P, et al. Mineralización ósea: Densidad mineral ósea en columna lumbar de una muestra de población menor de 21 años (y II). *Acta Pediátrica Española* 1998;56:511-5.
- (19) Marco M, Méndez MJ, Ruiz JC. Variaciones de la densidad y de la concentración mineral ósea entre distintas comunidades. *An Esp Pediatr* 2000;52:319-26.
- (20) Yeste D, del Río L, Gussinyé M, Carrascosa A. Valores de contenido mineral óseo (CMO), densidad mineral ósea (DMO) y densidad mineral ósea volumétrica (DMOv) en niños y adolescentes a nivel de columna lumbar y femoral. *Rev Esp Pediatr* 2003;59(1):113-8.
- (21) del Rio L, Carrascosa A, Pons F, Gusinye M, Yeste D, Domenech FM. Bone mineral density of the lumbar spine in white Mediterranean Spanish children and adolescents: changes related to age, sex, and puberty. *Pediatr Res* 1994 Mar;35(3):362-6.
- (22) Theintz G, Buchs B, Rizzoli R, Slosman D, Clavien H, Sizonenko PC, et al. Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents: evidence for a marked reduction after 16 years of age at the levels of lumbar spine and femoral neck in female subjects. *J Clin Endocrinol Metab* 1992 Oct;75(4):1060-5.

- (23) Saggese G, Baroncelli GI, Bertelloni S. Osteoporosis in children and adolescents: diagnosis, risk factors, and prevention. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2001 Jul;14(7):833-59.
- (24) Boot AM, de Ridder MA, Pols HA, Krenning EP, de Muinck Keizer-Schrama SM. Bone mineral density in children and adolescents: relation to puberty, calcium intake, and physical activity. *J Clin Endocrinol Metab* 1997 Jan;82(1):57-62.
- (25) Bailey DA. The Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study: bone mineral acquisition during the growing years. *Int J Sports Med* 1997 Jul;18 Suppl 3:S191-S194.
- (26) Valdimarsson Ö, Kristinsson JO, Stefansson SO, Valdimarsson S, Sigurdsson G. Lean mass and physical activity as predictors of bone mineral density in 16-20-year old women. *J Intern Med* 1999 May;245(5):489-96.
- (27) Matkovic V, Jelic T, Wardlaw GM, Ilich JZ, Goel PK, Wright JK, et al. Timing of peak bone mass in Caucasian females and its implication for the prevention of osteoporosis. Inference from a cross-sectional model. *J Clin Invest* 1994 Feb;93(2):799-808.
- (28) Gilsanz V, Gibbens DT, Carlson M, Boechat MI, Cann CE, Schulz EE. Peak trabecular vertebral density: a comparison of adolescent and adult females. *Calcif Tissue Int* 1988 Oct;43(4):260-2.
- (29) Slemenda CW, Reister TK, Hui SL, Miller JZ, Christian JC, Johnston CC, Jr. Influences on skeletal mineralization in children and adolescents: evidence for varying effects of sexual maturation and physical activity. *J Pediatr* 1994 Aug;125(2):201-7.
- (30) Weaver CM. Adolescencia: periodo de intenso crecimiento óseo. *SIICsalud* 2004 November 4(2^a) Available from: URL: www.siicsalud.com/des/des039/04910013.htm
- (31) Bailey DA, McKay HA, Mirwald RL, Crocker PR, Faulkner RA. A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: the university of Saskatchewan bone mineral accrual study. *J Bone Miner Res* 1999 Oct;14(10):1672-9.
- (32) Bonjour JP, Theintz G, Buchs B, Slosman D, Rizzoli R. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. *J Clin Endocrinol Metab* 1991 Sep;73(3):555-63.
- (33) Mora S, Gilsanz V. Establishment of peak bone mass. *Endocrinol Metab Clin North Am* 2003 Mar;32(1):39-63.
- (34) Katzman DK, Bachrach LK, Carter DR, Marcus R. Clinical and anthropometric correlates of bone mineral acquisition in healthy adolescent girls. *J Clin Endocrinol Metab* 1991 Dec;73(6):1332-9.

- (35) Kröger H, Kotaniemi A, Kroger L, Alhava E. Development of bone mass and bone density of the spine and femoral neck--a prospective study of 65 children and adolescents. *Bone Miner* 1993 Dec;23(3):171-82.
- (36) Seeman E. From density to structure: growing up and growing old on the surfaces of bone. *J Bone Miner Res* 1997 Apr;12(4):509-21.
- (37) Whiting SJ, Vatanparast H, Baxter-Jones A, Faulkner RA, Mirwald R, Bailey DA. Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt. *J Nutr* 2004 Mar;134(3):696S-700S.
- (38) Blimkie CJ, Lefevre J, Beunen GP, Renson R, Dequeker J, Van DP. Fractures, physical activity, and growth velocity in adolescent Belgian boys. *Med Sci Sports Exerc* 1993 Jul;25(7):801-8.
- (39) Heaney RP, Abrams S, wson-Hughes B, Looker A, Marcus R, Matkovic V, et al. Peak bone mass. *Osteoporos Int* 2000;11(12):985-1009.
- (40) Teegarden D, Proulx WR, Martin BR, Zhao J, McCabe GP, Lyle RM, et al. Peak bone mass in young women. *J Bone Miner Res* 1995 May;10(5):711-5.
- (41) Gunnes M, Lehmann EH. Physical activity and dietary constituents as predictors of forearm cortical and trabecular bone gain in healthy children and adolescents: a prospective study. *Acta Paediatr* 1996 Jan;85(1):19-25.
- (42) Faulkner KG, Cummings SR, Black D, Palermo L, Gluer CC, Genant HK. Simple measurement of femoral geometry predicts hip fracture: the study of osteoporotic fractures. *J Bone Miner Res* 1993 Oct;8(10):1211-7.
- (43) Gilsanz V, Loro ML, Roe TF, Sayre J, Gilsanz R, Schulz EE. Vertebral size in elderly women with osteoporosis. Mechanical implications and relationship to fractures. *J Clin Invest* 1995 May;95(5):2332-7.
- (44) Recker RR, Davies KM, Hinders SM, Heaney RP, Stegman MR, Kimmel DB. Bone gain in young adult women. *JAMA* 1992 Nov 4;268(17):2403-8.
- (45) Hui SL, Slemenda CW, Johnston CC, Jr. Age and bone mass as predictors of fracture in a prospective study. *J Clin Invest* 1988 Jun;81(6):1804-9.
- (46) Henderson NK, White CP, Eisman JA. The roles of exercise and fall risk reduction in the prevention of osteoporosis. *Endocrinol Metab Clin North Am* 1998 Jun;27(2):369-87.
- (47) Chesnut CH, III. Theoretical overview: bone development, peak bone mass, bone loss, and fracture risk. *Am J Med* 1991 Nov 25;91(5B):2S-4S.

- (48) Ferrari S, Rizzoli R, Slosman D, Bonjour JP. Familial resemblance for bone mineral mass is expressed before puberty. *J Clin Endocrinol Metab* 1998 Feb;83(2):358-61.
- (49) Krall EA, Dawson-Hughes B. Heritable and life-style determinants of bone mineral density. *J Bone Miner Res* 1993 Jan;8(1):1-9.
- (50) Ferretti JL, Schiessl H, Frost HM. On new opportunities for absorptiometry. *J Clin Densitom* 1998;1(1):41-53.
- (51) Uusi-Rasi K, Haapasalo H, Kannus P, Pasanen M, Sievanen H, Oja P, et al. Determinants of bone mineralization in 8 to 20 year old Finnish females. *Eur J Clin Nutr* 1997 Jan;51(1):54-9.
- (52) Moro M, van der Meulen MC, Kiratli BJ, Marcus R, Bachrach LK, Carter DR. Body mass is the primary determinant of midfemoral bone acquisition during adolescent growth. *Bone* 1996 Nov;19(5):519-26.
- (53) Rice S, Blimkie CJ, Webber CE, Levy D, Martin J, Parker D, et al. Correlates and determinants of bone mineral content and density in healthy adolescent girls. *Can J Physiol Pharmacol* 1993 Dec;71(12):923-30.
- (54) Cadogan J, Blumsohn A, Barker ME, Eastell R. A longitudinal study of bone gain in pubertal girls: anthropometric and biochemical correlates. *J Bone Miner Res* 1998 Oct;13(10):1602-12.
- (55) Bonjour JP, Carrie AL, Ferrari S, Clavien H, Slosman D, Theintz G, et al. Calcium-enriched foods and bone mass growth in prepubertal girls: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Clin Invest* 1997 Mar 15;99(6):1287-94.
- (56) Johnston CC, Jr., Miller JZ, Slemenda CW, Reister TK, Hui S, Christian JC, et al. Calcium supplementation and increases in bone mineral density in children. *N Engl J Med* 1992 Jul 9;327(2):82-7.
- (57) Radetti G, Castellan C, Tato L, Platter K, Gentili L, Adami S. Bone mineral density in children and adolescent females treated with high doses of L-thyroxine. *Horm Res* 1993;39(3-4):127-31.
- (58) Saggese G, Baroncelli GI, Bertelloni S, Cinquanta L, Di NG. Effects of long-term treatment with growth hormone on bone and mineral metabolism in children with growth hormone deficiency. *J Pediatr* 1993 Jan;122(1):37-45.
- (59) Runyan SM, Stadler DD, Bainbridge CN, Miller SC, Moyer-Mileur LJ. Familial resemblance of bone mineralization, calcium intake, and physical activity in early-adolescent daughters, their mothers, and maternal grandmothers. *J Am Diet Assoc* 2003 Oct;103(10):1320-5.

- (60) Arden NK, Spector TD. Genetic influences on muscle strength, lean body mass, and bone mineral density: a twin study. *J Bone Miner Res* 1997 Dec;12(12):2076-81.
- (61) Dequeker J, Nijs J, Verstraeten A, Geusens P, Gevers G. Genetic determinants of bone mineral content at the spine and radius: a twin study. *Bone* 1987;8(4):207-9.
- (62) Pocock NA, Eisman JA, Hopper JL, Yeates MG, Sambrook PN, Eberl S. Genetic determinants of bone mass in adults. A twin study. *J Clin Invest* 1987 Sep;80(3):706-10.
- (63) Audi L, Garcia-Ramirez M, Carrascosa A. Genetic determinants of bone mass. *Horm Res* 1999;51(3):105-23.
- (64) McGuigan FE, Murray L, Gallagher A, vey-Smith G, Neville CE, Van't HR, et al. Genetic and environmental determinants of peak bone mass in young men and women. *J Bone Miner Res* 2002 Jul;17(7):1273-9.
- (65) Barr SI, McKay HA. Nutrition, exercise, and bone status in youth. *Int J Sport Nutr* 1998 Jun;8(2):124-42.
- (66) Weaver CM, Peacock M, Johnston CC, Jr. Adolescent nutrition in the prevention of postmenopausal osteoporosis. *J Clin Endocrinol Metab* 1999 Jun;84(6):1839-43.
- (67) Ruiz JC, Mandel C, Garabedian M. Influence of spontaneous calcium intake and physical exercise on the vertebral and femoral bone mineral density of children and adolescents. *J Bone Miner Res* 1995 May;10(5):675-82.
- (68) Matkovic V, Ilich JZ, Andon MB, Hsieh LC, Tzagournis MA, Lagger BJ, et al. Urinary calcium, sodium, and bone mass of young females. *Am J Clin Nutr* 1995 Aug;62(2):417-25.
- (69) Matkovic V, Landoll JD, Badenhop-Stevens NE, Ha EY, Crncevic-Orlic Z, Li B, et al. Nutrition influences skeletal development from childhood to adulthood: a study of hip, spine, and forearm in adolescent females. *J Nutr* 2004 Mar;134(3):701S-5S.
- (70) Chevalley T, Rizzoli R, Hans D, Ferrari S, Bonjour JP. Interaction between calcium intake and menarcheal age on bone mass gain: an eight-year follow-up study from prepuberty to postmenarche. *J Clin Endocrinol Metab* 2005 Jan;90(1):44-51.
- (71) Rozen GS, Rennert G, Dodiuk-Gad RP, Rennert HS, Ish-Shalom N, Diab G, et al. Calcium supplementation provides an extended window of opportunity for bone mass accretion after menarche. *Am J Clin Nutr* 2003 Nov;78(5):993-8.
- (72) Dodiuk-Gad RP, Rozen GS, Rennert G, Rennert HS, Ish-Shalom S. Sustained effect of short-term calcium supplementation on bone mass

- in adolescent girls with low calcium intake. *Am J Clin Nutr* 2005 Jan;81(1):168-74.
- (73) Bonjour JP, Chevalley T, Ammann P, Slosman D, Rizzoli R. Gain in bone mineral mass in prepubertal girls 3.5 years after discontinuation of calcium supplementation: a follow-up study. *Lancet* 2001 Oct 13;358(9289):1208-12.
- (74) Matkovic V, Goel PK, Badenhop-Stevens NE, Landoll JD, Li B, Ilich JZ, et al. Calcium supplementation and bone mineral density in females from childhood to young adulthood: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2005 Jan;81(1):175-88.
- (75) Friedlander AL, Genant HK, Sadowsky S, Byl NN, Gluer CC. A two-year program of aerobics and weight training enhances bone mineral density of young women. *J Bone Miner Res* 1995 Apr;10(4):574-85.
- (76) Kardinaal AF, Ando S, Charles P, Charzewska J, Rotily M, Vaananen K, et al. Dietary calcium and bone density in adolescent girls and young women in Europe. *J Bone Miner Res* 1999 Apr;14(4):583-92.
- (77) Winters-Stone KM, Snow CM. One year of oral calcium supplementation maintains cortical bone density in young adult female distance runners. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004 Feb;14(1):7-17.
- (78) Matkovic V, Heaney RP. Calcium balance during human growth: evidence for threshold behavior. *Am J Clin Nutr* 1992 May;55(5):992-6.
- (79) Greer FR, Krebs NF. Optimizing bone health and calcium intakes of infants, children, and adolescents. *Pediatrics* 2006 Feb;117(2):578-85.
- (80) Jackman LA, Millane SS, Martin BR, Wood OB, McCabe GP, Peacock M, et al. Calcium retention in relation to calcium intake and postmenarcheal age in adolescent females. *Am J Clin Nutr* 1997 Aug;66(2):327-33.
- (81) Nowson CA, Green RM, Hopper JL, Sherwin AJ, Young D, Kaymakci B, et al. A co-twin study of the effect of calcium supplementation on bone density during adolescence. *Osteoporos Int* 1997;7(3):219-25.
- (82) Martínez MJ, Redondo MP, Castro MJ, Conde F, Redondo D, Alonso M. Situación actual en la población infantil i adolescente de factores nutricionales relacionados con la osteoporosis. XXV Congreso de la Sociedad Española de Endocrinología Pediátrica. *An Pediatr* 2003;58(Supl 2):118-38.
- (83) McGartland C, Robson PJ, Murray L, Cran G, Savage MJ, Watkins D, et al. Carbonated soft drink consumption and bone mineral density in adolescence: the Northern Ireland Young Hearts project. *J Bone Miner Res* 2003 Sep;18(9):1563-9.

- (84) Bonjour JP. Invertir en tus huesos. Cómo afecta la dieta, los estilos de vida y la genética al desarrollo óseo en los jóvenes. *Reumo* 2002;11(1):16-8.
- (85) Frost HM. A determinant of bone architecture. The minimum effective strain. *Clin Orthop Relat Res* 1983 May;(175):286-92.
- (86) Frost HM. A 2003 update of bone physiology and Wolff's Law for clinicians. *Angle Orthod* 2004 Feb;74(1):3-15.
- (87) Turner CH. Toward a mathematical description of bone biology: the principle of cellular accommodation. *Calcif Tissue Int* 1999 Dec;65(6):466-71.
- (88) Aarden EM, Burger EH, Nijweide PJ. Function of osteocytes in bone. *J Cell Biochem* 1994 Jul;55(3):287-99.
- (89) Klein-Nulend J, Veldhuijzen JP, van Strien ME, de JM, Burger EH. Inhibition of osteoclastic bone resorption by mechanical stimulation in vitro. *Arthritis Rheum* 1990 Jan;33(1):66-72.
- (90) Frost HM. Mechanical determinants of bone modeling. *Metab Bone Dis Relat Res* 1982;4(4):217-29.
- (91) Ferretti J. Repercusión de la Actividad Física sobre el Sistema Óseo. *PubliCE Standard* 2004 May 31
- (92) Marcus R. Role of exercise in preventing and treating osteoporosis. *Rheum Dis Clin North Am* 2001 Feb;27(1):131-41, vi.
- (93) Wilmore JH, Costill DL. Regulación hormonal del ejercicio. In: Wilmore JH, Costill DL, editors. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 5 ed. Barcelona: Paidotribo; 2004. p. 156-77.
- (94) Bilezikian JP, Morishima A, Bell J, Grumbach MM. Increased bone mass as a result of estrogen therapy in a man with aromatase deficiency. *N Engl J Med* 1998 Aug 27;339(9):599-603.
- (95) Valimaki MJ, Karkkainen M, Lamberg-Allardt C, Laitinen K, Alhava E, Heikkinen J, et al. Exercise, smoking, and calcium intake during adolescence and early adulthood as determinants of peak bone mass. Cardiovascular Risk in Young Finns Study Group. *BMJ* 1994 Jul 23;309(6949):230-5.
- (96) Afghani A, Xie B, Wiswell RA, Gong J, Li Y, Anderson JC. Bone mass of asian adolescents in China: influence of physical activity and smoking. *Med Sci Sports Exerc* 2003 May;35(5):720-9.
- (97) Krall EA, wson-Hughes B. Smoking and bone loss among postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 1991 Apr;6(4):331-8.

- (98) Slemenda CW, Hui SL, Longcope C, Johnston CC, Jr. Cigarette smoking, obesity, and bone mass. *J Bone Miner Res* 1989 Oct;4(5):737-41.
- (99) Baron JA. Smoking and estrogen-related disease. *Am J Epidemiol* 1984 Jan;119(1):9-22.
- (100) Fang MA, Frost PJ, Iida-Klein A, Hahn TJ. Effects of nicotine on cellular function in UMR 106-01 osteoblast-like cells. *Bone* 1991;12(4):283-6.
- (101) Slemenda CW. Cigarettes and the skeleton. *N Engl J Med* 1994 Feb 10;330(6):430-1.
- (102) Hirota Y, Hirohata T, Fukuda K, Mori M, Yanagawa H, Ohno Y, et al. Association of alcohol intake, cigarette smoking, and occupational status with the risk of idiopathic osteonecrosis of the femoral head. *Am J Epidemiol* 1993 Mar 1;137(5):530-8.
- (103) Clark MK, Sowers MF, Dekordi F, Nichols S. Bone mineral density and fractures among alcohol-dependent women in treatment and in recovery. *Osteoporos Int* 2003 Jun;14(5):396-403.
- (104) Mora S, Pitukcheewanont P, Kaufman FR, Nelson JC, Gilsanz V. Biochemical markers of bone turnover and the volume and the density of bone in children at different stages of sexual development. *J Bone Miner Res* 1999 Oct;14(10):1664-71.
- (105) Slemenda CW, Peacock M, Hui S, Zhou L, Johnston CC. Reduced rates of skeletal remodeling are associated with increased bone mineral density during the development of peak skeletal mass. *J Bone Miner Res* 1997 Apr;12(4):676-82.
- (106) Parfitt AM, Kleerekoper M. Diagnostic value of bone histomorphometry and comparison of histologic measurements and biochemical indices of bone remodeling. In: Christiansen C, Arnaud CD, Nordin BEC, Parfitt AM, Peck WA, Riggs BL, editors. *Osteoporosis*. Glostrup: Aalborg Stiftsbogtrykkeri; 1984. p. 111-20.
- (107) Nordin BEC, Horsman A, Aaron J. Diagnostic procedures. In: Nordin BEC, editor. *Calcium, phosphate and magnesium metabolism. Clinical physiology and diagnostic procedures*. New York: Churchill Livingstone; 1976. p. 469-524.
- (108) Rubin CT, Lanyon LE. Regulation of bone mass by mechanical strain magnitude. *Calcif Tissue Int* 1985 Jul;37(4):411-7.
- (109) Whalen RT, Carter DR, Steele CR. Influence of physical activity on the regulation of bone density. *J Biomech* 1988;21(10):825-37.
- (110) Turner CH, Owan I, Takano Y. Mechanotransduction in bone: role of strain rate. *Am J Physiol* 1995 Sep;269(3 Pt 1):E438-E442.

- (111) Umemura Y, Ishiko T, Tsujimoto H, Miura H, Mokushi N, Suzuki H. Effects of jump training on bone hypertrophy in young and old rats. *Int J Sports Med* 1995 Aug;16(6):364-7.
- (112) Lanyon LE. Functional strain as a determinant for bone remodeling. *Calcif Tissue Int* 1984;36 Suppl 1:S56-S61.
- (113) Lanyon LE. Functional strain in bone tissue as an objective, and controlling stimulus for adaptive bone remodelling. *J Biomech* 1987;20(11-12):1083-93.
- (114) Rubin CT, Lanyon LE. Regulation of bone formation by applied dynamic loads. *J Bone Joint Surg Am* 1984 Mar;66(3):397-402.
- (115) Umemura Y, Ishiko T, Yamauchi T, Kurono M, Mashiko S. Five jumps per day increase bone mass and breaking force in rats. *J Bone Miner Res* 1997 Sep;12(9):1480-5.
- (116) Honda A, Umemura Y, Nagasawa S. Effect of high-impact and low-repetition training on bones in ovariectomized rats. *J Bone Miner Res* 2001 Sep;16(9):1688-93.
- (117) Robling AG, Hinant FM, Burr DB, Turner CH. Shorter, more frequent mechanical loading sessions enhance bone mass. *Med Sci Sports Exerc* 2002 Feb;34(2):196-202.
- (118) Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievanen H, Haapasalo H, Manttari A, et al. Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone* 1995 Sep;17(3):197-203.
- (119) Courteix D, Lespessailles E, Peres SL, Obert P, Germain P, Benhamou CL. Effect of physical training on bone mineral density in prepubertal girls: a comparative study between impact-loading and non-impact-loading sports. *Osteoporos Int* 1998;8(2):152-8.
- (120) Lima F, De F, V, Baima J, Carazzato JG, Pereira RM. Effect of impact load and active load on bone metabolism and body composition of adolescent athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001 Aug;33(8):1318-23.
- (121) Taaffe DR, Snow-Harter C, Connolly DA, Robinson TL, Brown MD, Marcus R. Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. *J Bone Miner Res* 1995 Apr;10(4):586-93.
- (122) Bailey DA, Faulkner RA, McKay HA. Growth, physical activity, and bone mineral acquisition. *Exerc Sport Sci Rev* 1996;24:233-66.
- (123) Matkin CC, Bachrach L, Wang MC, Kelsey J. Two measures of physical activity as predictors of bone mass in a young cohort. *Clin J Sport Med* 1998 Jul;8(3):201-8.

- (124) Alfredson H, Nordström P, Lorentzon R. Aerobic workout and bone mass in females. *Scand J Med Sci Sports* 1997 Dec;7(6):336-41.
- (125) Pettersson U, Nordström P, Alfredson H, Henriksson-Larsén K, Lorentzon R. Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: A comparative study between two different types of sports. *Calcif Tissue Int* 2000 Sep;67(3):207-14.
- (126) Woitge HW, Friedmann B, Suttner S, Farahmand I, Muller M, Schmidt-Gayk H, et al. Changes in bone turnover induced by aerobic and anaerobic exercise in young males. *J Bone Miner Res* 1998 Dec;13(12):1797-804.
- (127) Eliakim A, Raisz LG, Brasel JA, Cooper DM. Evidence for increased bone formation following a brief endurance-type training intervention in adolescent males. *J Bone Miner Res* 1997 Oct;12(10):1708-13.
- (128) Skerry TM. Mechanical loading and bone: what sort of exercise is beneficial to the skeleton? *Bone* 1997 Mar;20(3):179-81.
- (129) Fuchs RK, Bauer JJ, Snow CM. Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 2001 Jan;16(1):148-56.
- (130) MacKelvie KJ, McKay HA, Khan KM, Crocker PR. A school-based exercise intervention augments bone mineral accrual in early pubertal girls. *J Pediatr* 2001 Oct;139(4):501-8.
- (131) McKay HA, Petit MA, Schutz RW, Prior JC, Barr SI, Khan KM. Augmented trochanteric bone mineral density after modified physical education classes: a randomized school-based exercise intervention study in prepubescent and early pubescent children. *J Pediatr* 2000 Feb;136(2):156-62.
- (132) Petit MA, McKay HA, MacKelvie KJ, Heinonen A, Khan KM, Beck TJ. A randomized school-based jumping intervention confers site and maturity-specific benefits on bone structural properties in girls: a hip structural analysis study. *J Bone Miner Res* 2002 Mar;17(3):363-72.
- (133) MacKelvie KJ, Khan KM, Petit MA, Janssen PA, McKay HA. A school-based exercise intervention elicits substantial bone health benefits: a 2-year randomized controlled trial in girls. *Pediatrics* 2003 Dec;112(6 Pt 1):e447.
- (134) Witzke KA, Snow CM. Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc* 2000 Jun;32(6):1051-7.
- (135) Arnett MG, Lutz B. Effects of rope-jump training on the os calcis stiffness index of postpubescent girls. *Med Sci Sports Exerc* 2002 Dec;34(12):1913-9.

- (136) Bassey EJ, Rothwell MC, Littlewood JJ, Pye DW. Pre- and postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *J Bone Miner Res* 1998 Dec;13(12):1805-13.
- (137) Nichols DL, Sanborn CF, Love AM. Resistance training and bone mineral density in adolescent females. *J Pediatr* 2001 Oct;139(4):494-500.
- (138) Blimkie CJ, Rice S, Webber CE, Martin J, Levy D, Gordon CL. Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Can J Physiol Pharmacol* 1996 Sep;74(9):1025-33.
- (139) Chilibeck PD, Calder A, Sale DG, Webber CE. Twenty weeks of weight training increases lean tissue mass but not bone mineral mass or density in healthy, active young women. *Can J Physiol Pharmacol* 1996 Oct;74(10):1180-5.
- (140) Karlsson MK, Magnusson H, Karlsson C, Seeman E. The duration of exercise as a regulator of bone mass. *Bone* 2001 Jan;28(1):128-32.
- (141) Klesges RC, Ward KD, Shelton ML, Applegate WB, Cantler ED, Palmieri GM, et al. Changes in bone mineral content in male athletes. Mechanisms of action and intervention effects. *JAMA* 1996 Jul 17;276(3):226-30.
- (142) Markou KB, Mylonas P, Theodoropoulou A, Kontogiannis A, Leglise M, Vagenakis AG, et al. The influence of intensive physical exercise on bone acquisition in adolescent elite female and male artistic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab* 2004 Sep;89(9):4383-7.
- (143) Nurmi-Lawton JA, Baxter-Jones AD, Mirwald RL, Bishop JA, Taylor P, Cooper C, et al. Evidence of sustained skeletal benefits from impact-loading exercise in young females: a 3-year longitudinal study. *J Bone Miner Res* 2004 Feb;19(2):314-22.
- (144) Laing EM, Massoni JA, Nickols-Richardson SM, Modlesky CM, O'Connor PJ, Lewis RD. A prospective study of bone mass and body composition in female adolescent gymnasts. *J Pediatr* 2002 Aug;141(2):211-6.
- (145) Gustavsson A, Thorsen K, Nordström P. A 3-year longitudinal study of the effect of physical activity on the accrual of bone mineral density in healthy adolescent males. *Calcif Tissue Int* 2003 Aug;73(2):108-14.
- (146) Hamdy RC, Anderson JS, Whalen KE, Harvill LM. Regional differences in bone density of young men involved in different exercises. *Med Sci Sports Exerc* 1994 Jul;26(7):884-8.
- (147) Chilibeck PD, Sale DG, Webber CE. Exercise and bone mineral density. *Sports Med* 1995 Feb;19(2):103-22.

- (148) Alfredson H, Nordström P, Lorentzon R. Bone mass in female volleyball players: a comparison of total and regional bone mass in female volleyball players and nonactive females. *Calcif Tissue Int* 1997 Apr;60(4):338-42.
- (149) Fehling PC, Alekel L, Clasey J, Rector A, Stillman RJ. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone* 1995 Sep;17(3):205-10.
- (150) Risser WL, Lee EJ, LeBlanc A, Poindexter HB, Risser JM, Schneider V. Bone density in eumenorrheic female college athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1990 Oct;22(5):570-4.
- (151) Andreoli A, Monteleone M, Van LM, Promenzio L, Tarantino U, De LA. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001 Apr;33(4):507-11.
- (152) Creighton DL, Morgan AL, Boardley D, Brolinson PG. Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. *J Appl Physiol* 2001 Feb;90(2):565-70.
- (153) Nordström P, Pettersson U, Lorentzon R. Type of physical activity, muscle strength, and pubertal stage as determinants of bone mineral density and bone area in adolescent boys. *J Bone Miner Res* 1998 Jul;13(7):1141-8.
- (154) Taaffe DR, Robinson TL, Snow CM, Marcus R. High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes. *J Bone Miner Res* 1997 Feb;12(2):255-60.
- (155) Bass S, Pearce G, Bradney M, Hendrich E, Delmas PD, Harding A, et al. Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *J Bone Miner Res* 1998 Mar;13(3):500-7.
- (156) Jaffre C, Courteix D, Dine G, Lac G, Delamarche P, Benhamou L. High-impact loading training induces bone hyperresorption activity in young elite female gymnasts. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2001 Jan;14(1):75-83.
- (157) Laing EM, Wilson AR, Modlesky CM, O'Connor PJ, Hall DB, Lewis RD. Initial years of recreational artistic gymnastics training improves lumbar spine bone mineral accrual in 4- to 8-year-old females. *J Bone Miner Res* 2005 Mar;20(3):509-19.
- (158) Proctor KL, Adams WC, Shaffrath JD, Van L. Upper-limb bone mineral density of female collegiate gymnasts versus controls. *Med Sci Sports Exerc* 2002 Nov;34(11):1830-5.
- (159) Zanker CL, Gannon L, Cooke CB, Gee KL, Oldroyd B, Truscott JG. Differences in bone density, body composition, physical activity, and

- diet between child gymnasts and untrained children 7-8 years of age. *J Bone Miner Res* 2003 Jun;18(6):1043-50.
- (160) Ginty F, Rennie KL, Mills L, Stear S, Jones S, Prentice A. Positive, site-specific associations between bone mineral status, fitness, and time spent at high-impact activities in 16- to 18-year-old boys. *Bone* 2005 Jan;36(1):101-10.
- (161) Lee EJ, Long KA, Risser WL, Poindexter HB, Gibbons WE, Goldzieher J. Variations in bone status of contralateral and regional sites in young athletic women. *Med Sci Sports Exerc* 1995 Oct;27(10):1354-61.
- (162) Mehlenbeck RS, Ward KD, Klesges RC, Vukadinovich CM. A pilot intervention to increase calcium intake in female collegiate athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004 Feb;14(1):18-29.
- (163) Nichols DL, Sanborn CF, Bonnicks SL, Gench B, DiMarco N. Relationship of regional body composition to bone mineral density in college females. *Med Sci Sports Exerc* 1995 Feb;27(2):178-82.
- (164) Quintas ME, Ortega RM, Lopez-Sobaler AM, Garrido G, Requejo AM. Influence of dietetic and anthropometric factors and of the type of sport practised on bone density in different groups of women. *Eur J Clin Nutr* 2003 Sep;57 Suppl 1:S58-S62.
- (165) McClanahan BS, Harmon-Clayton K, Ward KD, Klesges RC, Vukadinovich CM, Cantler ED. Side-to-side comparisons of bone mineral density in upper and lower limbs of collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 2002 Nov;16(4):586-90.
- (166) Wu J, Ishizaki S, Kato Y, Kuroda Y, Fukashiro S. The side-to-side differences of bone mass at proximal femur in female rhythmic sports gymnasts. *J Bone Miner Res* 1998 May;13(5):900-6.
- (167) Balias R., Bonet N., Pacheco L., Parra J., Estruch A., Ruíz A., et al. Valoració regional del contingut i la densitat òssia en tenistes professionals. *Apunts Medicina de l'Esport* 2002;37(140):25-38.
- (168) Haapasalo H, Kannus P, Sievanen H, Pasanen M, Uusi-Rasi K, Heinonen A, et al. Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players. *J Bone Miner Res* 1998 Feb;13(2):310-9.
- (169) Kontulainen S, Sievanen H, Kannus P, Pasanen M, Vuori I. Effect of long-term impact-loading on mass, size, and estimated strength of humerus and radius of female racquet-sports players: a peripheral quantitative computed tomography study between young and old starters and controls. *J Bone Miner Res* 2002 Dec;17(12):2281-9.
- (170) Bass SL, Saxon L, Daly RM, Turner CH, Robling AG, Seeman E, et al. The effect of mechanical loading on the size and shape of bone in pre-,

peri-, and postpubertal girls: a study in tennis players. *J Bone Miner Res* 2002 Dec;17(12):2274-80.

- (171) Khan KM, Bennell KL, Hopper JL, Flicker L, Nowson CA, Sherwin AJ, et al. Self-reported ballet classes undertaken at age 10-12 years and hip bone mineral density in later life. *Osteoporos Int* 1998;8(2):165-73.
- (172) Muñoz MT, Barrios V, Garrido G, Argente J. Ejercicio físico y masa ósea en adolescentes deportistas. *Rev Esp Pediatr* 2003;59(1):61-9.
- (173) Warren MP, Brooks-Gunn J, Fox RP, Holderness CC, Hyle EP, Hamilton WG. Osteopenia in exercise-associated amenorrhea using ballet dancers as a model: a longitudinal study. *J Clin Endocrinol Metab* 2002 Jul;87(7):3162-8.
- (174) Magnusson H, Linden C, Karlsson C, Obrant KJ, Karlsson MK. Exercise may induce reversible low bone mass in unloaded and high bone mass in weight-loaded skeletal regions. *Osteoporos Int* 2001;12(11):950-5.
- (175) Alfredson H, Nordström P, Lorentzon R. Total and regional bone mass in female soccer players. *Calcif Tissue Int* 1996 Dec;59(6):438-42.
- (176) Söderman K, Bergström E, Lorentzon R, Alfredson H. Bone mass and muscle strength in young female soccer players. *Calcif Tissue Int* 2000 Oct;67(4):297-303.
- (177) Nordström P, Lorentzon R. Site-specific bone mass differences of the lower extremities in 17-year-Old ice hockey players. *Calcif Tissue Int* 1996 Dec;59(6):443-8.
- (178) Duppe H, Gardsell P, Johnell O, Nilsson BE, Ringsberg K. Bone mineral density, muscle strength and physical activity. A population-based study of 332 subjects aged 15-42 years. *Acta Orthop Scand* 1997 Apr;68(2):97-103.
- (179) Heinonen A, Sievanen H, Kannus P, Oja P, Vuori I. Effects of unilateral strength training and detraining on bone mineral mass and estimated mechanical characteristics of the upper limb bones in young women. *J Bone Miner Res* 1996 Apr;11(4):490-501.
- (180) Duncan CS, Blimkie CJ, Kemp A, Higgs W, Cowell CT, Woodhead H, et al. Mid-femur geometry and biomechanical properties in 15- to 18-year-old female athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2002 Apr;34(4):673-81.
- (181) Duncan CS, Blimkie CJ, Cowell CT, Burke ST, Briody JN, Howman-Giles R. Bone mineral density in adolescent female athletes: relationship to exercise type and muscle strength. *Med Sci Sports Exerc* 2002 Feb;34(2):286-94.

- (182) Tsuji S, Tsunoda N, Yata H, Katsukawa F, Onishi S, Yamazaki H. Relation between grip strength and radial bone mineral density in young athletes. *Arch Phys Med Rehabil* 1995 Mar;76(3):234-8.
- (183) Conroy BP, Kraemer WJ, Maresh CM, Fleck SJ, Stone MH, Fry AC, et al. Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Med Sci Sports Exerc* 1993 Oct;25(10):1103-9.
- (184) Vicente-Rodríguez G, Ara I, Pérez-Gómez J, Dorado C, Calbet JA. Muscular development and physical activity as major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *Br J Sports Med* 2005 Sep;39(9):611-6.
- (185) Bailey DA, Martin AD. Actividad física y Salud del Esqueleto en Adolescentes. *PubliCEStandard* 2003 June 2 Available from: URL: <http://www.sobrenentrenamiento.com/PubliCE/Home.asp>
- (186) Peña A. Efectos del ejercicio físico sobre la masa ósea y la osteoporosis. *Rehabilitación* 2003;37(6):339-53.
- (187) Janz KF, Burns TL, Torner JC, Levy SM, Paulos R, Willing MC, et al. Physical activity and bone measures in young children: the Iowa bone development study. *Pediatrics* 2001 Jun;107(6):1387-93.
- (188) Bradney M, Pearce G, Naughton G, Sullivan C, Bass S, Beck T, et al. Moderate exercise during growth in prepubertal boys: changes in bone mass, size, volumetric density, and bone strength: a controlled prospective study. *J Bone Miner Res* 1998 Dec;13(12):1814-21.
- (189) Morris FL, Naughton GA, Gibbs JL, Carlson JS, Wark JD. Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls: positive effects on bone and lean mass. *J Bone Miner Res* 1997 Sep;12(9):1453-62.
- (190) Van den Bergh MF, DeMan SA, Witteman JC, Hofman A, Trouerbach WT, Grobbee DE. Physical activity, calcium intake, and bone mineral content in children in The Netherlands. *J Epidemiol Community Health* 1995 Jun;49(3):299-304.
- (191) Heinonen A, Sievanen H, Kannus P, Oja P, Pasanen M, Vuori I. High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporos Int* 2000;11(12):1010-7.
- (192) Kemper HC, Twisk JW, van MW, Post GB, Roos JC, Lips P. A fifteen-year longitudinal study in young adults on the relation of physical activity and fitness with the development of the bone mass: The Amsterdam Growth And Health Longitudinal Study. *Bone* 2000 Dec;27(6):847-53.
- (193) Lloyd T, Chinchilli VM, Johnson-Rollings N, Kieselhorst K, Egli DF, Marcus R. Adult female hip bone density reflects teenage sports-exercise patterns but not teenage calcium intake. *Pediatrics* 2000 Jul;106(1 Pt 1):40-4.

- (194) Lloyd T, Beck TJ, Lin HM, Tulchinsky M, Egli DF, Oreskovic TL, et al. Modifiable determinants of bone status in young women. *Bone* 2002 Feb;30(2):416-21.
- (195) Nordström P, Thorsen K, Nordström G, Bergström E, Lorentzon R. Bone mass, muscle strength, and different body constitutional parameters in adolescent boys with a low or moderate exercise level. *Bone* 1995 Oct;17(4):351-6.
- (196) Tanaka M, Kinukawa N, Akazawa K, Abe S, Itoh K, Imai K, et al. The available period and kind of exercise for increasing osteo sono assessment index in women. *Med Sci Sports Exerc* 1999 Dec;31(12):1709-13.
- (197) Teegarden D, Proulx WR, Kern M, Sedlock D, Weaver CM, Johnston CC, et al. Previous physical activity relates to bone mineral measures in young women. *Med Sci Sports Exerc* 1996 Jan;28(1):105-13.
- (198) Sinaki M, Wahner HW, Bergstralh EJ, Hodgson SF, Offord KP, Squires RW, et al. Three-year controlled, randomized trial of the effect of dose-specified loading and strengthening exercises on bone mineral density of spine and femur in nonathletic, physically active women. *Bone* 1996 Sep;19(3):233-44.
- (199) Wallace BA, Cumming RG. Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 2000 Jul;67(1):10-8.
- (200) Bonaiuti D, Shea B, Iovine R, Negrini S, Robinson V, Kemper HC, et al. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database Syst Rev* 2002;(3):CD000333.
- (201) Lehtonen-Veromaa M, Möttönen T, Svedström E, Hakola P, Heinonen OJ, Viikari J. Physical activity and bone mineral acquisition in peripubertal girls. *Scand J Med Sci Sports* 2000 Aug;10(4):236-43.
- (202) Courteix D, Jaffre C, Lespessailles E, Benhamou L. Cumulative effects of calcium supplementation and physical activity on bone accretion in premenarchal children: a double-blind randomised placebo-controlled trial. *Int J Sports Med* 2005 Jun;26(5):332-8.
- (203) Iuliano-Burns S, Saxon L, Naughton G, Gibbons K, Bass SL. Regional specificity of exercise and calcium during skeletal growth in girls: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 2003 Jan;18(1):156-62.
- (204) Specker BL. Evidence for an interaction between calcium intake and physical activity on changes in bone mineral density. *J Bone Miner Res* 1996 Oct;11(10):1539-44.
- (205) Heaney RP. Effect of calcium on skeletal development, bone loss, and risk of fractures. *Am J Med* 1991 Nov 25;91(5B):23S-8S.

- (206) Lloyd T, Petit MA, Lin HM, Beck TJ. Lifestyle factors and the development of bone mass and bone strength in young women. *J Pediatr* 2004 Jun;144(6):776-82.
- (207) Welten DC, Kemper HC, Post GB, van MW, Twisk J, Lips P, et al. Weight-bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake. *J Bone Miner Res* 1994 Jul;9(7):1089-96.
- (208) Fehily AM, Coles RJ, Evans WD, Elwood PC. Factors affecting bone density in young adults. *Am J Clin Nutr* 1992 Sep;56(3):579-86.
- (209) Stear SJ, Prentice A, Jones SC, Cole TJ. Effect of a calcium and exercise intervention on the bone mineral status of 16-18-y-old adolescent girls. *Am J Clin Nutr* 2003 Apr;77(4):985-92.
- (210) Braam LA, Knapen MH, Geusens P, Brouns F, Vermeer C. Factors affecting bone loss in female endurance athletes: a two-year follow-up study. *Am J Sports Med* 2003 Nov;31(6):889-95.
- (211) Drinkwater BL, Bruemner B, Chesnut CH, III. Menstrual history as a determinant of current bone density in young athletes. *JAMA* 1990 Jan 26;263(4):545-8.
- (212) Yeager KK, Agostini R, Nattiv A, Drinkwater B. The female athlete triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc* 1993 Jul;25(7):775-7.
- (213) Takada H, Washino K, Nagashima M, Iwata H. Response of parathyroid hormone to anaerobic exercise in adolescent female athletes. *Acta Paediatr Jpn* 1998 Feb;40(1):73-7.
- (214) Frisch RE, Gotz-Welbergen AV, McArthur JW, Albright T, Witschi J, Bullen B, et al. Delayed menarche and amenorrhea of college athletes in relation to age of onset of training. *JAMA* 1981 Oct 2;246(14):1559-63.
- (215) Malina RM, Spirduso WW, Tate C, Baylor AM. Age at menarche and selected menstrual characteristics in athletes at different competitive levels and in different sports. *Med Sci Sports* 1978;10(3):218-22.
- (216) Lapieza MG, Nuviala RJ, Giner A. Ejercicio físico y menarquia: un estudio en nadadoras y gimnastas de rítmica. *Archivos de medicina del deporte* 1993;X(38):147-52.
- (217) Muñoz MT, de la PC, Barrios V, Garrido G, Argente J. Changes in bone density and bone markers in rhythmic gymnasts and ballet dancers: implications for puberty and leptin levels. *Eur J Endocrinol* 2004 Oct;151(4):491-6.

- (218) Anai T, Miyazaki F, Tomiyasu T, Matsuo T. Risk of irregular menstrual cycles and low peak bone mass during early adulthood associated with age at menarche. *Pediatr Int* 2001 Oct;43(5):483-8.
- (219) Hobart JA, Smucker DR. The female athlete triad. *Am Fam Physician* 2000 Jun 1;61(11):3357-64, 3367.
- (220) Wilmore JH, Costill DL. Cuestiones relativas al sexo y a la mujer deportista. In: Wilmore JH, Costill DL, editors. *Fisiologia del esfuerzo y del deporte*. 5 ed. 2006. p. 570-86.
- (221) Sherman RT, Thompson RA. The female athlete triad. *J Sch Nurs* 2004 Aug;20(4):197-202.
- (222) Warren MP, Brooks-Gunn J, Fox RP, Holderness CC, Hyle EP, Hamilton WG, et al. Persistent osteopenia in ballet dancers with amenorrhea and delayed menarche despite hormone therapy: a longitudinal study. *Fertil Steril* 2003 Aug;80(2):398-404.
- (223) Cundy T, Farquhar CM, Cornish J, Reid IR. Short-term effects of high dose oral medroxyprogesterone acetate on bone density in premenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab* 1996 Mar;81(3):1014-7.
- (224) Prior JC, Vigna YM, Schechter MT, Burgess AE. Spinal bone loss and ovulatory disturbances. *N Engl J Med* 1990 Nov 1;323(18):1221-7.
- (225) Morris FL, Payne WR, Wark JD. The impact of intense training on endogenous estrogen and progesterone concentrations and bone mineral acquisition in adolescent rowers. *Osteoporos Int* 1999;10(5):361-8.
- (226) Matsumoto T, Nakagawa S, Nishida S, Hirota R. Bone density and bone metabolic markers in active collegiate athletes: findings in long-distance runners, judoists, and swimmers. *Int J Sports Med* 1997 Aug;18(6):408-12.
- (227) Lehtonen-Veromaa M, Möttönen T, Irjala K, Nuotio I, Leino A, Viikari J. A 1-year prospective study on the relationship between physical activity, markers of bone metabolism, and bone acquisition in peripubertal girls. *J Clin Endocrinol Metab* 2000 Oct;85(10):3726-32.
- (228) Zanker CL, Swaine IL. Bone turnover in amenorrhoeic and eumenorrhoeic women distance runners. *Scand J Med Sci Sports* 1998 Feb;8(1):20-6.
- (229) Zanker CL, Swaine IL. Relation between bone turnover, oestradiol, and energy balance in women distance runners. *Br J Sports Med* 1998 Jun;32(2):167-71.

- (230) Puntila E, Kroger H, Lakka T, Honkanen R, Tuppurainen M. Physical activity in adolescence and bone density in peri- and postmenopausal women: a population-based study. *Bone* 1997 Oct;21(4):363-7.
- (231) Janz K. Physical activity and bone development during childhood and adolescence. Implications for the prevention of osteoporosis. *Minerva Pediatr* 2002 Apr;54(2):93-104.
- (232) Hara S, Yanagi H, Amagai H, Endoh K, Tsuchiya S, Tomura S. Effect of physical activity during teenage years, based on type of sport and duration of exercise, on bone mineral density of young, premenopausal Japanese women. *Calcif Tissue Int* 2001 Jan;68(1):23-30.
- (233) Winters KM, Snow CM. Detraining reverses positive effects of exercise on the musculoskeletal system in premenopausal women. *J Bone Miner Res* 2000 Dec;15(12):2495-503.
- (234) Dook JE, James C, Henderson NK, Price RI. Exercise and bone mineral density in mature female athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1997 Mar;29(3):291-6.
- (235) Etherington J, Harris PA, Nandra D, Hart DJ, Wolman RL, Doyle DV, et al. The effect of weight-bearing exercise on bone mineral density: a study of female ex-elite athletes and the general population. *J Bone Miner Res* 1996 Sep;11(9):1333-8.
- (236) Kontulainen S, Kannus P, Haapasalo H, Heinonen A, Sievanen H, Oja P, et al. Changes in bone mineral content with decreased training in competitive young adult tennis players and controls: a prospective 4-yr follow-up. *Med Sci Sports Exerc* 1999 May;31(5):646-52.
- (237) Kontulainen S, Kannus P, Haapasalo H, Sievanen H, Pasanen M, Heinonen A, et al. Good maintenance of exercise-induced bone gain with decreased training of female tennis and squash players: a prospective 5-year follow-up study of young and old starters and controls. *J Bone Miner Res* 2001 Feb;16(2):195-201.
- (238) Duppe H, Gardsell P, Johnell O, Ornstein E. Bone mineral density in female junior, senior and former football players. *Osteoporos Int* 1996;6(6):437-41.
- (239) Fuchs RK, Snow CM. Gains in hip bone mass from high-impact training are maintained: a randomized controlled trial in children. *J Pediatr* 2002 Sep;141(3):357-62.
- (240) Valdimarsson Ö, Sigurdsson G, Steingrimsdóttir L, Karlsson MK. Physical activity in the post-pubertal period is associated with maintenance of pre-pubertal high bone density-- a 5-year follow-up. *Scand J Med Sci Sports* 2005 Oct;15(5):280-6.
- (241) Gustavsson A, Olsson T, Nordström P. Rapid loss of bone mineral density of the femoral neck after cessation of ice hockey training: a 6-

year longitudinal study in males. *J Bone Miner Res* 2003 Nov;18(11):1964-9.

- (242) Lehtonen-Veromaa M, Möttönen T, Kautiainen H, Heinonen OJ, Viikari J. Influence of physical activity and cessation of training on calcaneal quantitative ultrasound measurements in peripubertal girls: a 1-year prospective study. *Calcif Tissue Int* 2001 Mar;68(3):146-50.
- (243) Charles P, Eriksen EF, Hasling C, Sondergard K, Mosekilde L. Dermal, intestinal, and renal obligatory losses of calcium: relation to skeletal calcium loss. *Am J Clin Nutr* 1991 Jul;54(1 Suppl):266S-73S.
- (244) Chu JY, Margen S, Calloway DH, Costa FM. Integumentary loss of calcium. *Am J Clin Nutr* 1979 Aug;32(8):1699-702.
- (245) NIH Consensus conference. Optimal calcium intake. NIH Consensus Development Panel on Optimal Calcium Intake. *JAMA* 1994 Dec 28;272(24):1942-8.
- (246) Sundberg M, Gärdsell P, Johnell O, Karlsson MK, Ornstein E, Sandstedt B, et al. Physical activity increases bone size in prepubertal boys and bone mass in prepubertal girls: a combined cross-sectional and 3-year longitudinal study. *Calcif Tissue Int* 2002 Nov;71(5):406-15.
- (247) Sabatier JP, Guaydier-Souquieres G, Benmalek A, Marcelli C. Evolution of lumbar bone mineral content during adolescence and adulthood: a longitudinal study in 395 healthy females 10-24 years of age and 206 premenopausal women. *Osteoporos Int* 1999;9(6):476-82.