

PERFORMANCE PHYSIQUE ET DENSITÉ MINÉRALE OSSEUSE CHEZ DE JEUNES ADULTES LIBANAIS

<http://www.lebanesemedicaljournal.org/articles/64-4/original2.pdf>

Eddy ZAKHEM^{1,2}, Georges EL KHOURY¹, Léa FEGHALY¹, Gautier ZUNQUIN², César EL KHOURY¹
Thierry PEZÉ², Marie-Louise AYOUB¹, Denis THEUNYNCK², Rawad EL HAGE^{1*}

Zakhem E, El Khoury G, Feghaly L, Zunquin G, El Khoury C, Pezé T, Ayoub M-L, Theunynck D, El Hage R. Performance physique et densité minérale osseuse chez de jeunes adultes libanais. *J Med Liban* 2016; 64 (4): 193-199.

Zakhem E, El Khoury G, Feghaly L, Zunquin G, El Khoury C, Pezé Th, Ayoub M-L, Theunynck D, El Hage R. Physical performance and bone mineral density in a group of young Lebanese adults. *J Med Liban* 2016; 64 (4): 193-199.

RÉSUMÉ • Introduction : Le but de cette étude est d'explorer les relations entre les performances obtenues dans plusieurs tests physiques et les paramètres osseux évalués par la mesure de la densité minérale osseuse (DMO) et du contenu minéral osseux (CMO) chez un groupe de jeunes adultes libanais. **Méthodes :** 106 sujets sains (45 femmes et 61 hommes) âgés en moyenne de 22 ans ont participé à cette étude. Le poids et la taille ont été mesurés, et l'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé. Le niveau de performance physique a été mesuré à l'aide de plusieurs tests physiques : détente verticale (DV), détente horizontale (DH), triple bond (TB), 5 sauts pieds joints et force maximale des membres inférieurs évaluée par le test de demi-squat (DS). La composition corporelle, la DMO et le CMO du corps entier (CE), la DMO du rachis lombaire (L2-L4), la DMO de la hanche totale (HT) et la DMO du col fémoral (CF) ont été mesurés par absorptiométrie biphotonique à rayons-X (DXA). **Résultats :** Chez les femmes, la taille, la masse maigre, la force maximale en demi-squat et les performances obtenues dans trois tests physiques (DV, 5 sauts pieds joints et DS) étaient positivement corrélés aux valeurs de DMO et de CMO. Chez les hommes, la masse maigre et la force maximale en demi-squat étaient positivement corrélées aux valeurs de DMO et de CMO. **Conclusion :** Cette étude suggère que la masse maigre et la force maximale en demi-squat sont positivement corrélées à la DMO chez les jeunes adultes.

Mots-clés : prévention de l'ostéoporose ; force maximale ; force explosive ; activité physique ; contraintes mécaniques

ABSTRACT • Introduction : The aim of this study was to explore the relationships between performances obtained in different physical tests and bone parameters (bone mineral density (BMD) and bone mineral content (BMC)) in a group of young Lebanese adults. **Methods :** One hundred and six young Lebanese adults (45 women and 61 men) whose ages range from 17 to 34 years participated in this study. Weight and height were measured, and body mass index (BMI) was calculated. Daily calcium intake, daily protein intake and physical activity level (h/week) were evaluated using validated questionnaires. The level of physical performance was measured using several physical tests: vertical-jump test, standing long jump test, 3-jump-test, 5-jump-test and 1-RM half-squat. Body composition, bone mineral content (BMC) and BMD at whole body (WB), lumbar spine (L2-L4), total hip (TH) and femoral neck (FN) were measured by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). **Results :** In women, height, lean mass, 1-RM half-squat and performances obtained in three physical tests (vertical jump test, 5-jump-test and 1-RM half-squat) were positively correlated to BMD and BMC. In men, lean mass and 1-RM half-squat were positively correlated to BMD and BMC. **Conclusion :** This study suggests that lean mass and maximum strength obtained in half-squat are positively correlated to BMD in young adults.

INTRODUCTION

L'ostéoporose est un problème de santé publique majeur dans la plupart des pays [1]. Cette maladie osseuse fréquente est caractérisée par une densité minérale osseuse (DMO) faible et par des détériorations micro-architecturales du tissu osseux induisant une augmentation du risque de fracture au niveau de plusieurs

sites osseux [1]. Le pic de masse osseuse atteint durant la troisième décennie de la vie est un déterminant important du futur risque fracturaire [2]. De ce fait, l'augmentation de la valeur atteinte par le pic de DMO représente une importance capitale dans le domaine de la prévention de l'ostéoporose [1]. Le pic de masse osseuse est régulé par plusieurs facteurs comme la génétique, la nutrition, les hormones, les forces mécaniques (comme le poids du corps et l'activité physique) et d'autres facteurs comme le sommeil et le niveau de stress [1, 2].

La pratique régulière d'activités physiques caractérisées par des contraintes mécaniques importantes stimule la formation osseuse et améliore la DMO dans les sites les plus sollicités [3-8]. En effet, selon la théorie de Frost [9] dite du mécanostat, la résistance de l'os s'adapte aux contraintes mécaniques qui lui sont appliquées. Cette théorie a été soutenue par de nombreuses

¹Département d'Éducation physique, Faculté des Lettres et des Sciences humaines, Université de Balamand, Kelhat, El-Koura, Liban.

²Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport, Santé, Société (URPSSS-EA 7369), Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), Dunkerque, France.

*Auteur correspondant : Dr Rawad El Hage
e-mail : rawadelhage21@hotmail.com
Fax : +961 6 930278

études menées sur les animaux [10, 11]. Chez l'être humain, il a été démontré que le poids corporel et la masse maigre sont les meilleurs déterminants de la DMO dans les deux sexes [12, 13]. De nombreuses études ont également montré une corrélation significative entre la DMO et les performances obtenues dans certains tests physiques utilisés en pratique sportive courante [14-17].

Le but de cette étude est d'explorer les relations entre les performances réalisées lors de différents tests physiques (détente verticale, détente horizontale, triple bonds, 5 sauts pieds joints et force maximale en demi-squat) et la DMO chez de jeunes adultes libanais. L'identification de nouveaux déterminants de la DMO permettrait un dépistage et une prise en charge précoce des futurs cas d'ostéopénie et d'ostéoporose.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Sujets

Cent six jeunes adultes libanais (45 femmes et 61 hommes) âgés en moyenne de 22 ans (17 à 34 ans) ont volontairement participé à cette étude. Le recrutement a eu lieu dans plusieurs universités privées. Les sujets étaient sains, ne recevaient ni traitement médicamenteux ou vitaminique susceptible de modifier leur statut osseux, n'avaient pas d'antécédents de maladie métabolique ou osseuse et n'avaient pas subi d'immobilisation prolongée. Le consentement éclairé a été obtenu des participants.

Ce protocole a reçu l'approbation du comité d'éthique de l'Université de Balamand.

Mesures des caractéristiques anthropométriques et de la densité minérale osseuse

Le poids et la taille ont été mesurés à l'aide d'une balance électronique (Taurus, précision = 0,1 kg) et d'une toise (Seca, précision = 0,1 cm). L'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé comme le poids corporel divisé par la taille au carré (kg/m^2). Des mesures d'absorptiométrie biphotonique à rayons-X (GE Healthcare, Lunar iDXA) ont été réalisées au niveau du corps entier, du rachis lombaire, de la hanche entière et du col fémoral. La masse maigre et la masse grasse ont également été déterminées par DXA.

Toutes ces mesures ont été réalisées par le même technicien et sur la même machine dans le même centre hospitalier. Dans ce centre, le coefficient de variation pour les mesures de DMO était inférieur à 1% [8].

Consommation calcique journalière (CCJ)

La CCJ a été évaluée par un questionnaire fréquentiel préalablement validé [18]. Ce questionnaire comporte 30 items : produits laitiers, viandes, poissons, œufs, diverses céréales, légumes secs, légumes verts, fruits, desserts, eau (minérale et du robinet), jus de fruits et boissons alcoolisées (vin, bière et cidre). Aucun sujet ne recevait de suppléments calciques dans notre étude.

Consommation protéique journalière (CPJ)

La CPJ a été évaluée par un questionnaire fréquentiel préalablement validé [19]. Ce questionnaire comporte 20 items : produits laitiers, fromages, viandes, poissons, œufs, pommes de terre, haricots, lentilles, légumes secs, pains, pizzas, crèmes glacées, etc. Aucun sujet ne recevait de suppléments protéiques dans notre étude.

Activité physique (AP)

Le volume hebdomadaire (heures/semaine) de pratique sportive a été évalué par un questionnaire validé [3].

Sauts athlétiques (détente horizontale, triple bonds et 5 sauts pieds joints)

Les performances physiques dans les trois tests athlétiques (détente horizontale, triple bonds et cinq sauts pieds joints) ont été mesurées comme précédemment décrit [20, 21]. Les mesures ont été effectuées dans la même journée et avec un temps de récupération de 5 minutes (entre les trois types de sauts). Trois essais ont été réalisés pour

TABLE I
CARACTÉRISTIQUES CLINIQUES &
PARAMÈTRES OSSEUX de la POPULATION ÉTUDIÉE

	Hommes (n = 61)	Femmes (n = 45)
Age (ans)	21,9 ± 3,6	22,4 ± 3
Poids (kg)	80,5 ± 14,9 ***	58,6 ± 10,3
Taille (cm)	1,74 ± 0,06 ***	1,59 ± 0,06
IMC (kg/m^2)	26,4 ± 4,4 ***	22,9 ± 3,6
Masse maigre (kg)	57,59 ± 9,13 ***	36,25 ± 5,19
Masse grasse (kg)	23,4 ± 7,5 ***	32,7 ± 8,5
CCJ (mg/j)	1123 ± 511 ***	673 ± 254
CPJ (g/j)	90 ± 40 ***	59 ± 28
AP (h/semaine)	8,4 ± 7,0 *	4,8 ± 5,1
DV (cm)	32,1 ± 6 ***	22,8 ± 5,7
Puissance (w)	3418 ± 780 ***	1963 ± 696
DH (m)	2,07 ± 0,34 ***	1,50 ± 0,33
Triple bond (m)	5,74 ± 0,84 ***	4,68 ± 0,83
5 sauts (m)	10,72 ± 1,38 ***	7,71 ± 1,53
Demi-squat (kg)	155,8 ± 42,7 ***	79,7 ± 22,4
CMO CE (g)	2904 ± 466 ***	2108 ± 325
SMO CE (cm^2)	2386 ± 343 ***	2004 ± 160
DMO CE (g/cm^2)	1,20 ± 0,12 ***	1,04 ± 0,10
DMO L2-L4 (g/cm^2)	1,19 ± 0,17 **	1,10 ± 0,14
DMO HE (g/cm^2)	1,11 ± 0,14 ***	0,94 ± 0,13
DMO CF (g/cm^2)	1,08 ± 0,16 ***	0,88 ± 0,14

IMC : indice de masse corporelle CCJ : consommation calcique journalière
 CPJ : consommation protéique journalière AP : activité physique
 DV : détente verticale DH : détente horizontale CMO : contenu minéral osseux
 SMO : surface minérale osseuse DMO : densité minérale osseuse
 CE : corps entier HE : hanche entière CF : col fémoral
 *** Différences significatives entre hommes et femmes, $p < 0,001$
 ** Différences significatives entre hommes et femmes, $p < 0,01$
 * Différences significatives entre hommes et femmes, $p < 0,05$

chaque test physique (avec 3 minutes de récupération entre les essais) et le meilleur saut a été enregistré.

RÉSULTATS

Demi-squat (DS)

La force maximale en demi-squat a été évaluée par un appareil de musculation classique (Smith machine) en respectant les instructions de l'Association nationale de conditionnement et de force musculaire [22].

Détente verticale (DV)

La détente verticale a été évaluée à l'aide d'un accéléromètre (Myotest Pro).

Deux paramètres principaux ont été retenus : la détente verticale (cm), et la puissance (w). Les sujets réalisaient trois séries de cinq sauts (*Counter movement jump* ou CMJ) avec 2 minutes de récupération entre les séries. Nous avons retenu le meilleur essai sur base de la détente verticale la plus élevée [23, 24].

Statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées par le logiciel R[®]. Les caractéristiques cliniques et les paramètres osseux sont exprimés en moyenne \pm la déviation standard. Les différences intersexes ont été précisées par le test-t de Student. Les corrélations ont été précisées par le test de Pearson. Des régressions linéaires multiples ont été utilisées pour tester les relations entre les paramètres osseux (DMO et CMO) et plusieurs déterminants de la masse osseuse (comme la masse maigre et la force maximale en demi-squat). Une valeur de $p < 0,05$ était exigée pour affirmer le caractère significatif des résultats.

Caractéristiques cliniques et paramètres osseux de la population étudiée

L'âge, les caractéristiques morphologiques, le volume hebdomadaire d'activité physique, les performances obtenues dans les tests physiques (DV, DH, TB, 5 sauts et force maximale en DS), les apports alimentaires (CCJ, CPJ) et les paramètres osseux de la population étudiée apparaissent dans le Tableau I.

L'âge n'était pas différent entre les hommes et les femmes. Le poids, la taille, la masse maigre, la force maximale en demi-squat et les valeurs de DMO étaient significativement supérieures chez les hommes que chez les femmes ($p < 0,001$).

Corrélations entre les caractéristiques cliniques et les paramètres osseux chez les jeunes femmes

La taille, la masse maigre et les performances obtenues en DV, 5 sauts pieds joints et DS étaient positivement corrélés aux valeurs de DMO et de CMO (Tableau II).

La masse maigre était positivement corrélée au CMO CE ($r = 0,85$; $p < 0,001$), à la DMO CE ($r = 0,75$; $p < 0,001$), à la DMO L2-L4 ($r = 0,70$; $p < 0,001$), à la DMO HE ($r = 0,75$; $p < 0,001$) et à la DMO CF ($r = 0,74$; $p < 0,001$).

La force maximale en demi-squat était positivement corrélée au CMO CE ($r = 0,60$; $p < 0,01$), à la DMO CE ($r = 0,52$; $p < 0,01$), à la DMO L2-L4 ($r = 0,72$; $p < 0,001$), à la DMO HE ($r = 0,57$; $p < 0,01$) et à la DMO CF ($r = 0,63$; $p < 0,001$).

TABLE II
CORRÉLATIONS ENTRE les CARACTÉRISTIQUES CLINIQUES et les PARAMÈTRES OSSEUX chez les FEMMES

	CMO CE (g)	SMO CE (cm ²)	DMO CE (g/cm ²)	DMO L2-L4 (g/cm ²)	DMO HE (g/cm ²)	DMO CF (g/cm ²)
Age (ans)	-0,05	-0,29	0,12	-0,02	-0,18	-0,19
Poids (kg)	0,51 **	0,32	0,54 **	0,25	0,44 **	0,36 *
Taille (cm)	0,74 ***	0,91 ***	0,45 *	0,38 **	0,39 **	0,41 **
IMC (kg/m ²)	0,22	-0,04	0,37	0,08	0,28	0,18
Masse grasse (kg)	-0,17	-0,32	-0,01	-0,22	-0,01	-0,05
Masse maigre (kg)	0,85 ***	0,73 ***	0,75 ***	0,70 ***	0,75 ***	0,74 ***
CCJ (mg/j)	0,12	0,36	-0,13	0,24	0,10	0,05
CPJ (g/j)	0,31	0,39	0,12	0,24	-0,00	-0,03
AP (h/semaine)	0,31	0,34	0,19	0,18	0,00	-0,08
DV (cm)	0,53 *	0,42 *	0,52 *	0,62 ***	0,44 **	0,42 *
Puissance (w)	0,55 *	0,35	0,61 **	0,47 **	0,52 **	0,47 **
DH (m)	0,49 *	0,43	0,46	0,68 ***	0,51 **	0,52 **
Triple bond (m)	0,42	0,36	0,39	0,62 ***	0,48 **	0,52 **
5 sauts (m)	0,46 *	0,38	0,43 *	0,59 ***	0,56 ***	0,57 ***
Demi-squat (kg)	0,60 **	0,50 *	0,52 **	0,72 ***	0,57 ***	0,63 ***

IMC : indice de masse corporelle CCJ : consommation calcique journalière CPJ : consommation protéique journalière AP : activité physique DV : détente verticale
DH : détente horizontale CMO : contenu minéral osseux SMO : surface minérale osseuse DMO : densité minérale osseuse CE : corps entier
HE : hanche entière CF : col fémoral *** $p < 0,001$ ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$

Corrélations entre les caractéristiques cliniques et les paramètres osseux chez les jeunes hommes

La masse maigre (MM) et la force maximale en DS étaient positivement corrélées aux valeurs de DMO et de CMO (Tableau III). La MM était positivement corrélée au CMO CE ($r = 0,68$; $p < 0,001$), à la DMO CE ($r = 0,59$; $p < 0,01$), à la DMO L2-L4 ($r = 0,41$; $p < 0,01$), à la DMO HE ($r = 0,34$; $p < 0,05$) et à la DMO CF ($r = 0,28$; $p < 0,05$). La force maximale en demi-squat était positivement corrélée au CMO CE ($r = 0,69$; $p < 0,001$), à la DMO CE ($r = 0,73$; $p < 0,001$), à la DMO L2-L4 ($r = 0,63$; $p < 0,001$), à la DMO HE ($r = 0,59$; $p < 0,001$) et à la DMO CF ($r = 0,51$; $p < 0,001$).

Régressions linéaires multiples

Chez les femmes, la masse maigre était un meilleur déterminant positif de la DMO et du CMO que la force maximale en DS (Tableau IV).

La force maximale en DS était un meilleur déterminant positif de la DMO et du CMO que la masse maigre chez les hommes (Tableau V).

DISCUSSION

Cette étude menée chez 106 jeunes adultes libanais a principalement montré que la masse maigre et la performance en demi-squat sont des variables positivement corrélées à la DMO et au CMO.

Le poids corporel était corrélé à la DMO CE et au CMO CE des jeunes hommes et à la DMO au niveau de la plupart des sites osseux chez les jeunes femmes ;

TABLE IV
RÉGRESSIONS LINÉAIRES MULTIPLES chez les FEMMES

	COEFFICIENT	ES	p
Variable dépendante : CMO CE ($r^2 = 0,74$)			
Constante	0,017	0,024	0,46
Demi-squat (kg)	3,13	1,64	0,07
Masse maigre (g)	0,045	0,007	< 0,001
Variable dépendante : SMO CE ($r^2 = 0,50$)			
Constante	0,001	0,015	< 0,001
Demi-squat (kg)	1,18	1,09	0,28
Masse maigre (g)	0,018	0,005	0,0014
Variable dépendante : DMO CE ($r^2 = 0,56$)			
Constante	0,491	0,099	< 0,001
Demi-squat (kg)	0,000	0,000	0,23
Masse maigre (g)	0,000	0,000	< 0,001
Variable dépendante : DMO L2-L4 ($r^2 = 0,64$)			
Constante	0,31	0,14	0,04
Demi-squat (kg)	0,003	0,001	0,005
Masse maigre (g)	0,000	0,000	0,0027
Variable dépendante : DMO HE ($r^2 = 0,61$)			
Constante	0,13	0,13	0,32
Demi-squat (kg)	0,001	0,000	0,19
Masse maigre (g)	0,000	0,000	< 0,001
Variable dépendante : DMO CF ($r^2 = 0,60$)			
Constante	0,074	0,14	0,61
Demi-squat (kg)	0,001	0,001	0,14
Masse maigre (g)	0,000	0,000	< 0,001

ES : erreur standard CMO : contenu minéral osseux CE : corps entier
SMO : surface minérale osseuse DMO : densité minérale osseuse
HE : hanche entière CF : col fémoral

TABLE III
CORRÉLATIONS ENTRE les CARACTÉRISTIQUES CLINIQUES et les PARAMÈTRES OSSEUX chez les HOMMES

	CMO CE (g)	SMO CE (cm ²)	DMO CE (g/cm ²)	DMO L2-L4 (g/cm ²)	DMO HE (g/cm ²)	DMO CF (g/cm ²)
Age (ans)	0,04	-0,06	0,11	-0,04	0,11	-0,10
Poids (kg)	0,61 ***	0,14	0,57 ***	0,25	0,24	0,17
Taille (cm)	0,52 ***	0,47 ***	0,23	0,15	0,09	0,07
IMC (kg/m ²)	0,42**	-0,07	0,51 ***	0,20	0,23	0,16
Masse grasse (kg)	0,26	-0,19	0,21	0,08	0,12	0,12
Masse maigre (kg)	0,68 ***	0,31 *	0,59 ***	0,41 **	0,34 *	0,28 *
CCJ (mg/j)	0,49 ***	0,29 *	0,41 **	0,27	0,44 ***	0,27 *
CPJ (g/j)	0,44 **	0,31 *	0,35 *	0,31 *	0,30 *	0,30 *
AP (h/semaine)	0,26	0,17	0,20	0,28 *	0,34 *	0,30 *
DV (cm)	0,13	0,25	0,00	0,26	0,14	0,05
Puissance (w)	0,58 ***	0,26	0,45 **	0,44 **	0,41 **	0,32 *
DH (m)	0,22	0,26	0,11	0,36 *	0,26	0,18
Triple bond (m)	0,02	0,19	-0,12	0,17	0,13	0,01
5 sauts (m)	0,02	0,26	-0,12	0,20	0,08	0,05
Demi-squat (kg)	0,69 ***	0,47 **	0,73 ***	0,63 ***	0,59 ***	0,51 ***

IMC : indice de masse corporelle CCJ : consommation calcique journalière CPJ : consommation protéique journalière AP : activité physique DV : détente verticale
DH : détente horizontale CMO : contenu minéral osseux SMO : surface minérale osseuse DMO : densité minérale osseuse CE : corps entier
HE : hanche entière CF : col fémoral *** $p < 0,001$ ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$.

TABLE V
RÉGRESSIONS LINÉAIRES MULTIPLES chez les HOMMES

	COEFFICIENT	ES	p
Variable dépendante : CMO CE (r² = 0,52)			
Constante	0,001	0,039	0,011
Demi-squat (kg)	5,60	1,73	0,0033
Masse maigre (g)	0,019	0,007	0,022
Variable dépendante : SMO CE (r² = 0,22)			
Constante	0,001	0,019	< 0,001
Demi-squat (kg)	1,06	0,94	0,26
Masse maigre (g)	0,007	0,003	0,69
Variable dépendante : DMO CE (r² = 0,50)			
Constante	0,73	0,11	< 0,001
Demi-squat (kg)	0,001	0,000	0,0012
Masse maigre (g)	0,000	0,000	0,11
Variable dépendante : DMO L2-L4 (r² = 0,30)			
Constante	0,79	0,16	< 0,001
Demi-squat (kg)	0,002	0,000	< 0,001
Masse maigre (g)	0,000	0,000	0,97
Variable dépendante : DMO HE (r² = 0,33)			
Constante	0,84	0,12	< 0,001
Demi-squat (kg)	0,001	0,000	0,002
Masse maigre (g)	0,000	0,000	0,77
Variable dépendante : DMO CF (r² = 0,43)			
Constante	0,81	0,14	< 0,001
Demi-squat (kg)	0,002	0,000	< 0,001
Masse maigre (g)	0,000	0,000	0,6

ES: erreur standard CMO: contenu minéral osseux CE: corps entier
SMO: surface minérale osseuse DMO: densité minérale osseuse
HE: hanche entière CF: col fémoral

ces résultats sont en accord avec ceux de plusieurs études [25, 26]. Une corrélation significative a été retrouvée entre l'IMC et la DMO CE chez les jeunes hommes ; il est généralement admis que les valeurs brutes de DMO sont plus élevées chez les sujets en surpoids et obèses par rapport aux sujets normo-pondérés [12, 27, 28].

En revanche, nous ne retrouvons pas de corrélation entre l'IMC et la DMO chez les jeunes femmes. Parmi les différents paramètres étudiés, la masse maigre était l'un des meilleurs déterminants positifs des valeurs de DMO et de CMO dans les deux sexes. Cette forte relation entre la masse maigre et les paramètres osseux est en accord avec de nombreuses données de la littérature [29-34]. Dans les deux sexes, nous ne retrouvons pas de corrélations entre la masse grasse et les valeurs de DMO ou de CMO. En effet, il a été signalé que l'importance relative du tissu adipeux sur les valeurs de CMO et de DMO est supérieure chez les femmes post-ménopausées par rapport aux jeunes adultes [35, 25].

Les contraintes mécaniques influencent la masse osseuse et l'architecture dépend fort probablement des forces dynamiques appliquées sur l'os [36]. Dans notre étude, une forte corrélation a été retrouvée entre la force maximale en demi-squat et les valeurs de DMO et de CMO dans les deux sexes. Nos résultats renforcent les

résultats de nombreuses études expérimentales qui ont montré que les contraintes musculaires sont des déterminants de la réponse ostéogénique [37-40].

Chez les femmes, les performances obtenues dans deux tests athlétiques (DV et 5 sauts pieds joints) étaient corrélées aux valeurs de DMO et de CMO. Chez les hommes, la performance obtenue en DH était corrélée à la DMO du rachis lombaire. Nos résultats sont en accord avec ceux de plusieurs études qui ont démontré que la force de préhension et le niveau de puissance musculaire sont des déterminants positifs de la DMO [15, 17]. Notons que nos tests physiques (DH, DV, TB, 5 sauts et squat) sont des tests fonctionnels utilisés dans des différents sports collectifs tels que le basketball, le football et le handball [4, 8]. Dans cette logique, il n'est pas surprenant de remarquer que les sportifs de haut niveau qui pratiquent ces types de sports collectifs et qui ont de bonnes performances dans les tests physiques que nous avons utilisés dans notre étude (DH, DV, TB, 5 sauts et squat) ont généralement des densités minérales osseuses élevées et nettement supérieures par rapport aux sujets sédentaires. Notons que la corrélation entre la performance obtenue au test qui exprime la force maximale (demi-squat) et la DMO était, de manière générale, plus forte par rapport aux corrélations entre les performances aux tests qui expriment la puissance relative (détente verticale, détente horizontale, triple bonds et 5 sauts) et la DMO.

Il n'y avait pas de corrélations chez les femmes entre l'AP (heures/semaine) et les valeurs de DMO. En revanche, une corrélation significative a été retrouvée chez les jeunes hommes entre les deux paramètres. Dans notre étude, le niveau d'activité physique était significativement supérieur chez les hommes par rapport aux femmes. La pratique particulière de certains types d'activités physiques nécessitant des mouvements de flexion-extension comme les sports collectifs renforce les os en améliorant leur contenu minéral et leur architecture [4]. En effet, c'est le type d'activité physique qui influence davantage la DMO que le volume hebdomadaire d'activité physique.

Dans notre étude, la force maximale en DS était le meilleur déterminant des valeurs de DMO et de CMO chez les hommes (Tableaux III et V). En revanche, chez les femmes, la masse maigre était le meilleur déterminant des valeurs de DMO et de CMO (Tableaux II et IV). Il semblerait que l'importance relative de la masse maigre et de la force maximale en demi-squat sur la DMO dépende du sexe. Afin d'expliquer ce résultat, il semble probable que les hommes soient plus entraînés à ce mouvement (demi-squat). En outre, il a été démontré que la masse maigre est un fort déterminant de la DMO et des indices géométriques osseux de la hanche chez les femmes [12, 26]. Il y avait d'autres différences intersexes au niveau des relations entre les performances obtenues dans les tests physiques et la DMO. En effet, les performances obtenues aux tests qui expriment la puissance musculaire relative (détente verticale, détente horizontale, triple bonds et 5 sauts) étaient corrélées positivement à la

DMO de la hanche chez les femmes mais pas chez les hommes. En effet, dans notre étude, l'IMC était significativement plus élevé chez les hommes que chez les femmes. Un homme avec un IMC élevé peut avoir une force maximale élevée et une puissance absolue élevée mais une puissance relative faible étant donné son poids élevé. Ceci pourrait expliquer le manque de corrélations entre la plupart des performances obtenues aux tests qui expriment la puissance relative (détente verticale, détente horizontale, triple bonds et 5 sauts) et la DMO chez les hommes. Au contraire, la plupart des femmes étaient normo-pondérées ; ainsi, une femme qui a une force maximale élevée va avoir une puissance relative au corps élevée. Ceci explique les corrélations significatives entre la majorité des performances obtenues aux tests qui expriment la puissance musculaire relative (détente verticale, détente horizontale, triple bonds et 5 sauts) et la DMO chez les femmes.

La CPJ de nos jeunes hommes était corrélée aux valeurs de DMO et de CMO. Cette corrélation est en accord avec les résultats de 18 enquêtes transversales qui ont retrouvé une corrélation significative positive entre l'apport en protéines et le CMO [1]. En effet, sur le plan mécanistique, les apports en protéines augmentent les concentrations sériques d'IGF-1 qui vont augmenter la prolifération des ostéoblastes [1, 2, 4, 8]. La CCJ était positivement corrélée aux valeurs de DMO et de CMO chez les jeunes hommes mais pas chez les jeunes femmes. Notons ici que les valeurs de consommation calcique journalière évaluées chez les jeunes femmes étaient inférieures à la normale.

En conclusion, cette étude montre que la masse maigre et la force maximale en demi-squat sont des variables positivement corrélées à la DMO chez les jeunes adultes. En effet, peu d'études se sont intéressées aux relations entre les paramètres osseux et les résultats lors de tests servant généralement à évaluer la forme physique de l'individu.

L'utilisation de ces différents tests, facilement réalisables en pratique clinique et leur comparaison aux paramètres osseux vont permettre d'utiliser ces nouveaux déterminants de la DMO et du CMO lors d'études sur de plus larges populations. Néanmoins, ces résultats restent à confirmer lors d'une étude longitudinale de plus grande ampleur car la nature transversale de l'étude ne permet pas d'évaluer les facteurs confondants (ayant un impact important sur la minéralisation) et constitue donc la principale limite méthodologique de notre travail. La faiblesse de notre effectif qui n'est pas représentatif de la population libanaise pourrait également influencer le caractère significatif de certains résultats. Le niveau d'activité physique supérieur chez les hommes par rapport aux femmes peut aussi être considéré comme une limite à ce travail. Cependant, à notre connaissance, c'est l'une des rares études (dans cette catégorie de population adulte jeune) qui permet de compléter la liste des déterminants de la DMO surfacique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les sujets qui ont participé à cette étude.

DÉCLARATION D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

RÉFÉRENCES

1. Bonjour JP, Chevalley T, Ferrari S, Rizzoli R. The importance and relevance of peak bone mass in the prevalence of osteoporosis. *Salud Publica Mex* 2009; 51: S5-S17.
2. Bonjour JP, Chevalley T, Rizzoli R, Ferrari S. Gene-environment interactions in the skeletal response to nutrition and exercise during growth. *Med Sport Sci* 2007; 51: 64-80.
3. Ainsworth BE, Youmans CP. Tools for physical activity counseling in medical practice. *Obes Res* 2002; 10 (1): 69S-75S.
4. Söderman K, Bergström E, Lorentzon R, Alfredson H. Bone mass and muscle strength in young female soccer players. *Calcif Tissue Int* 2000; 67: 297-303.
5. Nikander R, Sievänen H, Heinonen A, Kannus P. Femoral neck structure in adult female athletes subjected to different loading modalities. *J Bone Miner Res* 2005; 20: 520-8.
6. Krustrup P, Hansen PR, Andersen LJ et al. Long-term musculoskeletal and cardiac health effects of recreational football and running for premenopausal women. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20: 58-71.
7. Ferry B, Duclos M, Burt L, Therre P, Le Gall F, Jaffré C. Bone geometry and strength adaptations to physical constraints inherent in different sports: comparison between elite female soccer players and swimmers. *J Bone Miner Metab* 2011; 29: 342-51.
8. El Hage R. Geometric indices of hip bone strength in obese, overweight, and normal-weight adolescent boys. *Osteoporos Int* 2012; 23 (5): 1593-1600.
9. Frost HM. Bone's mechanostat: a 2003 update. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2003; 275: 1081-101.
10. Hart KJ, Shaw JM, Vajda E, Hegsted M, Miller SC. Swim-trained rats have greater bone mass, density, strength, and dynamics. *J Appl Physiol* 2001; 91: 1663-8.
11. Warner SE, Shea JE, Miller SC, Shaw JM. Adaptations in cortical and trabecular bone in response to mechanical loading with and without weight bearing. *Calcif Tissue Int* 2006; 79: 395-403.
12. Petit MA, Beck TJ, Shults J, Zemel BS, Foster BJ, Leonard MB. Proximal femur bone geometry is appropriately adapted to lean mass in overweight children and adolescents. *Bone* 2005; 36: 568-76.
13. Cobayashi F, Lopes L, Taddei J. Bone mineral density in overweight and obese adolescents. *J Pediatr (Rio J)* 2005; 81: 337-42.
14. Vicente-Rodriguez G, Dorado C, Perez-Gomez J, Gonzalez-Henriquez JJ, Calbet JA. Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players. *Bone* 2004; 35: 1208-15.
15. Dixon WG, Lunt M, Pye SR et al. Low grip strength is associated with bone mineral density and vertebral frac-

- ture in women. *Rheumatology (Oxford)* 2005; 44: 642-6.
16. Sirola J, Rikkonen T, Tuppurainen M, Jurvelin JS, Alhava E, Kröger H. Grip strength may facilitate fracture prediction in perimenopausal women with normal BMD: a 15-year population based study. *Calcif Tissue Int* 2008; 83: 93-100.
 17. Sherk VD, Palmer IJ, Bemben MG, Bemben DA. Relationships between body composition, muscular strength, and bone mineral density in estrogen-deficient postmenopausal women. *J Clin Densitom* 2009; 12: 292-8.
 18. Fardellone P, Sebert JL, Bouraya M et al. [Evaluation of the calcium content of diet by frequential self-questionnaire.] *Rev Rhum Mal Osteoartic* 1991; 58 (2): 99-103. [Article in French]
 19. Morin P, Herrmann F, Ammann P, Uebelhart B, Rizzoli R. A rapid self-administered food frequency questionnaire for the evaluation of dietary protein intake. *Clin Nutr* 2005; 24: 768-74.
 20. Chamari K, Chaouachi A, Hambli M, Kaouech F, Wisløff U, Castagna C. The five-jump test for distance as a field test to assess lower limb explosive power in soccer players. *J Strength Cond Res* 2008; 22: 944-50.
 21. Hudgins B, Scharfenberg J, Triplett NT, McBride JM. Relationship between jumping ability and running performance in events of varying distance. *J Strength Cond Res* 2012; 27 (3): 563-7.
 22. Hanson ED, Leigh S, Mynark RG. Acute effects of heavy and light-load squat exercises on the kinetic measures of vertical jump. *J Strength Cond Res* 2007; 21 (4): 1012-17.
 23. Jidovtseff B, Crielaard JM, Cauchy S, Croisier JL. Validité et reproductibilité d'un dynamomètre inertiel basé sur l'accélérométrie. *Sci Sports* 2008; 23: 94-7.
 24. McNair PJ, Colvin M, Reid D. Predicting maximal strength of quadriceps from submaximal performance in individuals with knee joint osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2011; 63: 216-22.
 25. Reid IR. Anti-resorptive therapies for osteoporosis. *Semin Cell Dev Biol* 2008; 19 (5): 473-8.
 26. El Hage R, El Hage Z, Moussa E, Jacob C, Zunquin G, Theunynck D. Geometric indices of hip bone strength in obese, overweight, and normal-weight adolescent girls. *J Clin Densitom* 2013; 16 (3): 313-19.
 27. Ellis KJ, Shypailo RJ, Wong WW, Abrams SA. Bone mineral mass in overweight and obese children : diminished or enhanced? *Acta Diabetol* 2003; 40: S274-S277.
 28. El Hage R, Jacob C, Moussa E, Benhamou CL, Jaffré C. Total body, lumbar spine and hip bone mineral density in overweight adolescent girls: decreased or increased? *J Bone Miner Metab* 2009; 27 (5): 629-33.
 29. Douchi T, Iemura A, Matsuo T et al. Relationship of head lean mass to regional bone mineral density in elderly postmenopausal women. *Maturitas* 2003; 46 (3): 225-30.
 30. Sahin G, Polat G, Baethifl S et al. Body composition, bone mineral density, and circulating leptin levels in postmenopausal Turkish women. *Rheumatol Int* 2003; 23 (2): 87-91.
 31. Rauch F, Bailey D, Baxter-Jones A, Mirwald R, Faulkner R. The muscle-bone unit during the pubertal growth spurt. *Bone* 2004; 34: 771-5.
 32. Pludowski P, Lebedowski M, Olszaniecka M, Marowska J, Matusik H, Lorenc RS. Idiopathic juvenile osteoporosis-an analysis of the muscle-bone relationship. *Osteoporos Int* 2006; 17: 1681-90.
 33. Peng XD, Xie H, Zhao Q, Wu XP, Sun ZQ, Liao EY. Relationships between serum adiponectin, leptin, resistin, visfatin levels and bone mineral density, and bone biochemical markers in Chinese men. *Clin Chim Acta* 2008; 387 (1-2): 31-5.
 34. Travison TG, Araujo AB, Esche GR, Beck TJ, McKinlay JB. Lean mass and not fat mass is associated with male proximal femur strength. *J Bone Miner Res* 2008; 23: 189-98.
 35. Heiss CJ, Sanborn CF, Nichols DL, Bonnick SL, Alford BB. Associations of body fat distribution, circulating sex hormones, and bone density in postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab* 1995; 80 (5): 1591-6.
 36. Vainionpää A, Korpelainen R, Sievänen H, Vihriälä E, Leppäluoto J, Jämsä T. Effect of impact exercise and its intensity on bone geometry at weight-bearing tibia and femur. *Bone* 2009; 40 (3): 604-11.
 37. Lanyon LE. Using functional loading to influence bone mass and architecture: objectives, mechanisms, and relationship with estrogen of the mechanically adaptive process in bone. *Bone* 1996; 18: 37S-43S.
 38. Mosley JR, March BM, Lynch J, Lanyon LE. Strain magnitude related changes in whole bone architecture in growing rats. *Bone* 1997; 20: 191-8.
 39. Judex S, Zernicke RF. High-impact exercise and growing bone: relation between high strain rates and enhanced bone formation. *J Appl Physiol* 2000; 88: 2183-91.
 40. Hsieh YF, Robling AG, Ambrosius WT, Burr DB, Turner CH. Mechanical loading of diaphyseal bone in vivo: the strain threshold for an osteogenic response varies with location. *J Bone Miner Res* 2001; 16: 2291-7.