

La densité minérale osseuse chez les athlètes traités pour fracture de fatigue

Contribution of bone mineral density in stress fractures of elite athletes

Dhia Kaffel¹, Meriem Sellami¹, Saida Ayachi², Kaouther Maatallah¹, Hanene Ferjan¹, Mohamed Montacer Kchir¹, Wafa Hamdi¹

1-Institut Mohamed KASSAB d'orthopédie, Manouba / Université de Tunis El Manar / Faculté de médecine de Tunis,
2-Centre national de la médecine du sport, Tunis / Université de Tunis El Manar / Faculté de médecine de Tunis,

RÉSUMÉ

Introduction : La fracture de fatigue survient sur un os sain par un manque d'adaptation à une activité physique soutenue, intensive et répétitive. Cependant, la densité minérale osseuse est fortement corrélée à la résistance osseuse et les fractures pourraient survenir plus facilement sur un os porotique.

But : Le but de ce travail était d'étudier le profil densitométrique osseux des athlètes de haut niveau aux antécédents de fracture de fatigue et d'en déterminer l'intérêt dans la prévention de ce type de fracture.

Méthodes : Etude transversale comparant un groupe d'athlètes de haut niveau à un groupe témoin appariés selon le sexe, l'âge et la discipline sportive. La densité minérale osseuse est mesurée par absorptiométrie biphotonique à rayon X.

Résultats : Notre étude a intéressé 10 athlètes de haut niveau âgés en moyenne de 20,3 ans, aux antécédents de fracture de fatigue, comparés à une population de 8 témoins pratiquant la même discipline sportive avec le même volume d'entraînement par semaine.

Le diagnostic de fracture de fatigue suspecté cliniquement, est confirmé dans tous les cas par une scintigraphie osseuse. Une ostéopénie est diagnostiquée chez un seul patient alors qu'une ostéoporose est retrouvée chez l'un des témoins.

Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les 2 densités osseuses moyennes (au rachis lombaire et à l'extrémité supérieure du fémur) entre les 2 groupes.

Conclusion : La densitométrie osseuse ne paraît pas être, selon notre étude, un outil pertinent dans le dépistage et la prévention des fractures de fatigue chez les sportifs de haut niveau.

Mots-clés

Fractures de fatigue, Densitométrie à rayon X, Sport haut niveau

SUMMARY

The stress fracture occurs in a healthy bone with a lack of adaptation to sustained, intensive and repetitive physical activity. However, bone mineral density is strongly correlated with bone strength and fractures may occur more easily on osteoporotic bone.

The aim of this work was to evaluate the bone densitometric profile of elite athletes with a history of stress fracture and to determine the interest in preventing this type of fracture.

Methods: cross-sectional study comparing a group of elite athletes to a control group matched by sex, age and sports discipline. Bone mineral density is measured by dual energy x-ray absorptiometry.

Results: Our study involved 10 elite athletes with a mean age of 20.3 years and a history of stress fracture, compared to a population of 8 controls practicing the same sport with the same training volume per week. The diagnosis of clinically suspected stress fracture is confirmed in all cases by bone scintigraphy. Osteopenia is diagnosed in one patient while osteoporosis is found in one of the controls. No significant difference was found between the 2 mean bone densities (at the lumbar spine and proximal femur) among the 2 groups.

Conclusion: bone densitometry does not seem to be, according to our study, a relevant tool in preventing stress fractures in elite athletes.

Key-words

Stress fractures, X-ray Densitometry, Elite Sports

INTRODUCTION

L'activité physique impose des contraintes mécaniques à l'os qui sont indispensables au maintien de sa masse et de sa résistance, pouvant même augmenter son contenu en minéral osseux. En revanche, une activité physique trop intense peut dépasser les capacités d'adaptation de l'os et engendrer une fracture de fatigue (FF).

B. Boyer et al ont défini en 2005 la FF comme étant « une maladie d'adaptation de l'os à l'effort entraînant la survenue d'une fracture du fait d'une contrainte mécanique excessive, inhabituelle et répétée sur un os sain [1] ».

La FF représente 10% des lésions liées au sport et touche les membres inférieurs dans 95 % des cas [2, 3]. L'incidence annuelle de la FF chez les athlètes est estimée à 20 % [4]. La fréquence des FF ne cesse d'augmenter du fait de sa meilleure reconnaissance par l'imagerie en coupe et de l'augmentation de la pratique sportive.

Chez les sportifs de haut niveau, elle touche plus fréquemment les femmes en rapport essentiellement avec une densité minérale osseuse plus faible chez les femmes.

Le meilleur moyen de mesure de cette densité minérale osseuse est l'absorptiométrie biphotonique à rayon X, connue aussi sous le nom de densitométrie osseuse (DMO), qui est une méthode non invasive, permettant de mesurer de manière précise et reproductible, la densité osseuse du squelette périphérique et axial.

Le but de notre travail était d'étudier le profil densitométrique osseux des athlètes de haut niveau aux antécédents de FF et d'en déterminer l'intérêt dans la prévention de ce type de fracture.

METHODES

Il s'agit d'une étude transversale, portant sur 10 athlètes de haut niveau, pris en charge pour FF au Centre National Médico Sportif et comparés à une population de 8 témoins. Les données sociodémographiques (âge, sexe, antécédents personnels et familiaux, profession), les données concernant l'activité sportive (la nature de la discipline sportive, le volume horaire moyen d'entraînement par semaine), les données concernant la FF (circonstances de survenue, manifestations cliniques, examen clinique initial, siège de la fracture, nature du traitement et l'évolution), les explorations radiologiques (radiographies standard initiales, imageries en coupe si elles ont été faites), scintigraphique et la mesure de la masse osseuse par DMO moyenne des vertèbres

lombaires L2, L3 et L4 des patients et des témoins. La mesure de la DMO moyenne des extrémités supérieures des fémurs n'a été faite que pour les athlètes de plus de 20 ans à cause de l'absence d'une courbe de référence de ce site pour les sujets de moins de 20 ans.

L'analyse statistique est faite par les logiciels Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 11.5 pour Windows. Pour l'étude analytique, le test « T » de Student pour les échantillons, et le test non paramétrique de Wilcoxon ont été utilisés pour la comparaison des caractères quantitatifs. Une signification est retenue pour un $p \leq 0,05$.

RESULTATS

Il s'agit de 3 femmes et 7 hommes d'âge moyen de 20,3 ans ayant des antécédents de FF, comparés à 8 témoins (6 hommes et 2 femmes) avec une moyenne d'âge de 22,1 ans pratiquant la même discipline sportive avec le même volume d'entraînement par semaine (12 à 15 heures). Huit malades pratiquaient la course (demi-fond), un malade pratiquait le saut en longueur et un autre le saut en hauteur.

Tous nos patients avaient présenté au moment de l'entraînement des douleurs, peu ou pas améliorées par le repos. La FF a touché dans tous les cas les membres inférieurs. Chez les 8 coureurs, 7 ont présenté une FF du tibia alors que l'atteinte fibulaire n'a été retrouvée que chez un seul patient. Chez le sauteur en longueur, les FF ont touché l'os naviculaire et le tibia. Chez le sauteur en hauteur, la FF a touché le talus. Aucun patient n'avait à l'examen clinique une anomalie à l'inspection, mais 8 d'entre eux décrivaient une aggravation des douleurs à l'appui.

Les radiographies standards initiales étaient normales dans tous les cas. Une scintigraphie gamma osseuse était systématiquement pratiquée et avait confirmé le diagnostic en montrant une hyperfixation en regard de la zone douloureuse. Un seul patient avait bénéficié d'une imagerie en coupe à type de tomодensitométrie devant des douleurs non améliorées initialement par le repos et ayant montré la FF déjà retrouvée à la scintigraphie.

Tous les malades avaient reçu un traitement symptomatique des douleurs et ont été mis au repos. La mésothérapie a été pratiquée chez 5 patients. Une correction d'un trouble statique du pied par semelle orthopédique a été indiquée chez un patient. Aucun patient n'a eu de traitement chirurgical.

Tous les patients ont repris leur activité physique après

une période de repos, avec une récurrence des douleurs chez un patient et apparition d'une autre localisation de la FF chez 2 autres malades. En effet, le patient M8 âgé de 21 ans pratiquant le saut en longueur, a présenté 3 mois après une première FF au niveau du tibia des douleurs en regard de l'os naviculaire et qui se sont révélées être en rapport avec une deuxième FF confirmée par scintigraphie osseuse. Le patient M4, âgé de 20 ans, pratiquant la course, a présenté 2 FF au niveau des 2 tibias confirmées par scintigraphie osseuse et dont la survenue est espacée de 2 mois et demi.

La DMO a objectivé au sein du groupe patient une ostéopénie chez un patient de sexe masculin, âgé de 18 ans, alors que chez les témoins nous avons découvert une ostéoporose chez une jeune femme âgée de 17,6 ans (Tableau 1).

Tableau 1 : Densité minérale osseuse des patients et des témoins

Patient	Sexe	Rachis lombaire		Extrémité supérieure du fémur	
		DMO RL (g/cm ²)	Z score (DS)	DMO CF (g/cm ²)	Z score (DS)
M1	m	1,2	0	2,1	1,4
M2	f	1,1	-0,6		
M3	m	0,9	-2		
M4	m	1,2	0,3		
M5	f	0,7	-0,5	1,2	2,4
M6	m	1,1	-0,4	1,1	0,6
M7	m	1,1	-0,7		
M8	m	1,3	1,4		
M9	f	1,2	0,5		
M10	m	1,3	0,9	1,4	2,2
MOYENNE		1,1		1,4	
Témoins					
T1	m	1,5	1,4	1,5	2,1
T2	f	0,8	-2,7		
T3	m	1,3	0,9		
T4	m	1,2	0,3		
T5	f	1,4	2	1,3	2,1
T6	m	1,3	1	1,4	2,4
T7	m	1,1	-0,6		
T8	m	1,2	0,8		
MOYENNE		1,2		1,4	

CF: Col fémoral, DMO: densité minérale osseuse, DS: déviation standard,

RL: rachis lombaire

La triade classique établie par l'« American College of Sports Medicine » qui définit trois symptômes en interrelation à savoir les troubles du cycle, les carences nutritionnelles et l'ostéoporose n'a été retrouvée chez aucune patiente.

La comparaison des malades aux témoins n'a pas retrouvé de différence significative entre les 2 densités osseuses moyennes (col fémoral : 1,4 g/cm² pour les malades et les témoins ; Rachis lombaire : 1,1g/cm² pour les malades versus 1,2g/cm² chez les témoins) (Tableau 1).

Le test « T » de Student pour les échantillons appariés n'a pas retrouvé de différence significative en comparant la densité minérale osseuse mesurée au niveau du rachis lombaire (p= 0,1) et de l'extrémité supérieure du fémur (p = 0,8). De même, le Test non paramétrique de Wilcoxon n'a pas trouvé de différence significative ni pour le rachis lombaire (p = 0,069) ni pour l'extrémité supérieure du fémur (p=0,6).

DISCUSSION

L'os est un tissu vivant qui s'adapte continuellement aux sollicitations externes, mais au-delà d'un certain seuil de tolérance individuel d'activité soutenue, intensive et répétitive, il arrive que cet équilibre harmonieux se rompe. Tous les moyens cliniques, biologiques et radiologiques dont nous disposons actuellement, ne permettent pas encore de fixer ce seuil. Notre étude n'a pas trouvé de différence significative entre les densités osseuses moyennes des malades et des témoins suggérant que la DMO ne serait pas un outil pertinent dans le dépistage et la prévention des FF chez les sportifs de haut niveau.

Facteurs de risque de la fracture de fatigue

Sexe : La majorité des auteurs ayant étudié des populations adultes mixtes rapporte une plus forte incidence de FF dans la population féminine [4, 5]. Ceci n'est pas retrouvé dans notre étude car il ne s'agit pas d'une étude exhaustive incluant tous les cas de FF chez une population déterminée.

Age : Il existe une grande discordance entre les études, certaines concluent à l'augmentation de la fréquence des FF avec l'âge [6], tandis que d'autres trouvent qu'elles concernent surtout l'adulte jeune [1]. Par ailleurs, elle peut aussi se rencontrer chez l'enfant, dès l'apprentissage de la marche (Toddler's fracture des Anglo-Saxons) [7].

Ethnie : Les études américaines retrouvent un risque

moins de FF chez les noirs américains que chez les blancs. De plus des études israéliennes évoquent la possibilité d'un facteur ethnique favorisant [8].

Géométrie osseuse : Des études prospectives [9] ont retrouvé que l'étroitesse du tibia et l'augmentation de l'angle de rotation externe de la hanche étaient corrélées positivement à la FF. Les troubles statiques des membres inférieurs ont été incriminés [1] car ils entraînent une contrainte localisée excessive et vont favoriser la survenue de la fracture. Ce sont les troubles statiques congénitaux, tel qu'une inégalité de longueur des membres inférieurs qui augmentent les contraintes imposées au segment le plus long [10] ou secondaires à un geste chirurgical (arthrodèse, ostéotomie de réaxation, ostéosynthèse...). Dans notre étude, le trouble de la statique des membres inférieurs n'a été retrouvé que chez un seul patient.

Troubles du cycle menstruel : De nombreuses études rétrospectives [5, 11, 12] ont classé les troubles du cycle menstruel parmi les facteurs de risque de fracture. En effet, l'hypoestrogénisme entraîne une augmentation de la résorption osseuse ainsi qu'une diminution de l'ostéoformation [13], empêchant ainsi la réparation des microfractures. La triade classique de l'« American College of Sports Medicine » n'a pas été retrouvée dans notre série, ceci peut être dû à un échantillon insuffisant de population féminine.

Apports nutritionnels : Il est admis que les troubles du comportement alimentaire soient associés à un risque accru de FF chez les femmes sportives [11]. Mais il n'y a pas d'évidence que les carences calciques, représentent en soi un facteur de risque de FF dans une population d'athlètes saine par ailleurs [4]. En effet des travaux de

Tableau 2 : Relations entre la densitométrie osseuse et la fracture de fatigue selon les études

Référence	Discipline	Nombre de malades	Nombre de témoins	Résultat au niveau du fémur (% différence)	Résultat au niveau du rachis lombaire (% différence)	Résultat au niveau du tibia (% différence)
Beck et al [20]**	Militaires	23	587	-3,9*	NR	-5,6*
Giladi et al [9]	Militaires	91	198	NR	NR	-6
Bennell et al [21]**	Athlètes	10 femmes	36 femmes	-2,2	-11,9*	-4,2
		10 hommes	39 hommes	-2,9	-0,8	-4
Pouilles et al [22]	Militaires	41	48	-5,7*	NR	NR
Carbon et al [23]	Athlètes	9	9	-7	-4*	NR
Frusztajer et al [24]	Danseurs de ballet	10	10	NR	-4,1	NR
Myburgh et al [25]**	Athlètes	25	50	-6,7*	-8,5*	NR
Grimston et al [26]	Coueurs	6	8	-8,2*	-7,6*	-9,7
Bennell et al [27]**	Athlètes	22	31	NR	-3,5	-2
Cline et al [28]**	Militaires	49	78	0	-2,4	NR
Crossley et al [29]**	Athlètes	23	23	NR	NR	-8,1
Tmara et al [30]**	Militaires	27	158	-1,7*	-1,2	NR
Ville-Valtteri et al [31]**	Militaires	15	164	-4,3*	-1,2	NR
Notre étude	Athlètes	10	8	-3,2	-8	NR

* : statistiquement significatif (p<0,05)

** : étude utilisant l'absorptiométrie biphotonique par mesure de la densitométrie osseuse

NR : non recherché

recherche récents soulignent que les perturbations du métabolisme osseux des sportives seraient d'avantage dues aux déficits énergétiques que calciques [14].

Entraînement physique : Une diminution de la densité minérale osseuse a été objectivée dans les sports où il y a une baisse relative de l'effet de la pesanteur en particulier les sports aquatiques tels que la natation. Chez les coureurs, plus la répétition de contraintes est élevée, plus le risque de fracture augmente. À ce titre, plusieurs auteurs ont formulé l'hypothèse d'un seuil kilométrique hebdomadaire au-delà duquel le risque de fracture augmente. Évalué à 56 km par Clement et al. [15], à 64 km selon Macera et al. [16] et jusqu'à 80 km selon Hirshman et al. [17].

Contraintes externes : Le type de sol, le chaussage et les semelles orthopédiques représentent autant de facteurs de risque pour la FF chez le sportif [18,19]. Ainsi, les surfaces dures et les chaussures mal adaptées augmentent le risque de survenue de ce type de fracture.

Densitométrie et fracture de fatigue

Partant du principe qu'un matériau de pauvre qualité est plus susceptible de se fissurer, plusieurs auteurs ont tenté d'établir un lien entre une densité osseuse diminuée et la survenue de FF avec des résultats contradictoires. Notre revue de la littérature a retrouvé 13 études publiées qui ont recherché une relation entre la densité minérale osseuse et les FF (Tableau 2). Nous avons retenu seulement les 8 études qui avaient utilisé l'absorptiométrie biphotonique comme outil de mesure de la densité minérale osseuse. Parmi ces 8 études, seulement 4 avaient retrouvé des résultats statistiquement significatifs et une étude avait retrouvé un résultat significatif uniquement pour les femmes. Pour l'extrémité supérieure du fémur, 4 études parmi les 6 utilisant l'absorptiométrie biphotonique avaient retrouvé des résultats statistiquement significatifs. Dans notre étude, la non significativité des résultats à ce niveau pourrait s'expliquer par le nombre réduit des patients ayant pratiqué une mesure de la densité minérale osseuse au niveau de l'extrémité supérieure du fémur, du fait de l'absence d'une courbe de référence pour les personnes âgées de moins de 20 ans. Au niveau du rachis lombaire, seulement 2 études utilisant l'absorptiométrie biphotonique avaient retrouvé des résultats statistiquement significatifs. Ainsi, plusieurs auteurs considèrent que, comme pour les fractures au cours de l'ostéoporose sénile, la baisse de la densité minérale osseuse constitue à elle seule un facteur

de risque proprement dit de FF. Cependant, les études sont sujettes à controverse et d'autres auteurs n'accordent que peu ou pas de signification à la densité minérale osseuse. Enfin, certains auteurs considèrent que puisque la FF ne peut survenir que sur un os sain, une baisse de la densité minérale osseuse, fait rentrer toutes les FF avec une densité minérale osseuse abaissée dans le cadre des fractures par insuffisance osseuse plutôt que celui des FF [1]. Enfin, la divergence des valeurs rapportées de la densité minérale osseuse révèle le déterminisme complexe de la résistance osseuse incriminant à la fois le rôle de la microarchitecture osseuse et l'organisation musculo-vasculaire. En effet, un manque d'adaptation du muscle à une activité physique soutenue, intensive et répétitive serait la cause d'apparition de multiples microtraumatismes répétés sur un os sain. Un os mal vascularisé pourrait aussi en être la cause, mais ceci ferait plutôt partie des fractures sur os pathologique que des FF qui surviennent sur un os sain.

CONCLUSION

En accord avec la majorité des auteurs, on peut déduire que la densité minérale osseuse ne peut pas être retenue comme paramètre d'identification des sportifs de haut niveau à risque de FF. La divergence des valeurs rapportées au cours de la densité minérale osseuse révèle le déterminisme complexe de la résistance osseuse et oriente vers l'existence d'autres facteurs qui, indépendamment de la masse osseuse, contribuent au risque de fracture. D'autres perspectives d'avenir pour le dépistage des sportifs à risque de FF sont en cours de validation, en particulier, l'étude de la micro-architecture osseuse, le calcul du « trabecular bone score » et le « FRAX-tool » chez les sportifs âgés de plus de 40 ans.

REFERENCES

1. Boyer B, Bellaïche R, Geffroy Y et al. Fractures de contraintes, fractures de fatigue, fractures par insuffisance osseuse. EMC-Radiologie 2005; 2:527-544.
2. Prouteau S, Benhamou C L, Courteix D. La fracture de fatigue : facteurs de risque et perspectives d'identification. Science & Sports 2005; 20:59-64.
3. De Labareyre H, Rodineau J. Les fractures de fatigue chez le sportif. médecine sciences 2000; 11:112-9.
4. Bennell KL, Malcolm SA, Thomas SA et al. The incidence and distribution of stress fractures in competitive track and field athletes. Am J Sports Med 1996; 24:211-7.
5. Barrow G, Saba S. Menstrual irregularities: stress fractures in collegiate

- distance runners. *Am J Sports Med* 1988; 16:209-16.
6. Bennel k, brukner p. Epidemiology and site specificity of stress fractures. *Clinics in sports Med* 1997; 16:179-96.
 7. Meaney JE, Carty H. Femoral stress fractures in children. *Skeletal Radiol* 1992; 21:173-6.
 8. Milgrom A, Finestone A, Segev S et al. Are overground or trademill runners more likely to substain tibial stress fracture. *Br J Sports Med* 2003; 37:160-3.
 9. Giladi M, Milgrom C, Simkin A et al. Stress fractures. Identifial risk factors. *Am J Sports Med* 1991; 19:647-52.
 10. Korpelainen R, Orava S, Karpakka J et al. Risk factors for recurrent stress fractures in athletes. *Am J Sports Med* 2001; 29:304-310.
 11. Kadel N, Tietz C, Kronmal R. Stress fractures in young ballet dancers. *Am J Sports Med* 1992; 314:1348-53.
 12. Liloyd T, Triantafyllou S, Baker E et al. Women athletes with menstrual irregularity have increased musculoskeletal injuries. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18:374-9.
 13. Zanker C. Bone metabolism in exercise associated amenorrhoea: the importance of nutrition. *Br J Sports Med* 1999; 33:228-9.
 14. Loucks A, Ihle R. Dose-response relationships between energy availability and bone turnover in young exercising women. *J Bone Miner Res* 2004; 19:1231-40.
 15. Clement D, Ammann W, Taunton J et al. Exercise-induced stress injuries to the femur. *Int J Sports Med* 1993; 14:347-52.
 16. Macera C, Pate R, Powell K et al. Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Arch Intern Med* 1989; 149:2565-8.
 17. Hirshman E, Lombardo J, Bergfeld J. Bilateral patellar fractures from direct trauma. *Clin Orthop Res* 1990; 178:207-9.
 18. Bennell K, Matheson G, Meeuwisse W et al. Risk factors for stress fractures. *Sports Med* 1999; 28:91-122.
 19. MICHAEL J, ARNOLD MD, AARON L, MOODY MD. Common Running Injuries: Evaluation and Management. *Am Fam Physician* 2018; 97:510-516.
 20. Beck TJ, Ruff CB, Mourtada FA et al. Dual energy X-ray absorptiometry derived structural geometry for stress fracture prediction in male US marine corps recruits. *J Bone Miner Res* 1996; 11:645-53.
 21. Bennell KL, Malcolm SA, Thomas SA et al. Risk factors for stress fractures in track and field athletes: a 12 month prospective study. *Am J Sports Med* 1996; 24:810-8.
 22. Pouilles JM, Bernard J, Tremollieres F et al. Femoral bone density in young male adultswith stress fractures. *Bone* 1998; 10:105-8.
 23. Carbon R, Sambrook PN, Deakin V et al. Bone density of elite female athletes with stress fractures. *Med J Aust* 1990; 153:373-6.
 24. Frusztajer NT, Dhuper S, Warren MP et al. Nutrition and the incidence of stress fractures in ballet dancers. *Am J Clin Nutr* 1990; 51:779-83.
 25. Myburgh KH, Hutchins J, Fataar AB et al. Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes. *Ann Intern Med* 1990; 113:754-9.
 26. Grimston SK, Engsborg JR, Kloiber R et al. Bone mass, external loads, and stress fractures in female runners. *Int J Sport Biomech* 1991; 7:293-302.
 27. Bennell KL, Malcolm SA, Thomas SA et al. Risk factors for stress fractures in female track-and-field athletes: a retrospective analysis. *Clin J Sport Med* 1995; 5:229-305.
 28. Cline AD, Jansen GR, Melby CL. Stress fractures in female army recruits: implications of bone density, calcium intake, and exercise. *J Am Coll Nutr* 1998; 17:128-35.
 29. Crossley K, Bennell KL, Wrigley T et al. Ground reaction forces, bone characteristics and tibial stress fracture in male runners. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 2:88-92.
 30. Tamara D, Lauder MD, Sameer BS et al. The Relation Between Stress Fractures and Bone Mineral Density: Evidence From Active-Duty Army Women. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81:73-79.
 31. Ville-Valteri V, Henrik A, Eero L et al. Risk factors for clinical stress fractures in male military recruits: A prospective cohort study. *Bone* 2005; 37:267-273.