



# Imagerie par DXA: le couteau suisse multifonction ?

Les importants progrès dans la qualité et la résolution des images obtenues par «absorptiométrie biphotonique à rayons X» ou DXA ont amélioré certaines modalités existantes et favorisé le développement de nouvelles fonctions permettant d'affiner de manière significative la prise en charge de nos patients dans diverses pathologies. On peut par exemple améliorer la prédiction du risque fracturaire par l'analyse indirecte de la micro et de la macroarchitecture osseuse, rechercher les marqueurs de pathologies associées (recherche de fractures vertébrales ou de fractures fémorales atypiques), ou évaluer le statut métabolique par la mesure de la composition corporelle. Avec les appareils DXA les plus performants, on pourra bientôt déterminer l'âge osseux, estimer le risque cardiovasculaire (par la mesure de la calcification de l'aorte abdominale), ou prédire la progression de l'arthrose articulaire et son évolution après la prise en charge chirurgicale dans la routine clinique.

## INTRODUCTION

La densitométrie osseuse est une technique d'imagerie quantitative permettant, par une analyse informatique d'une image des os à faible résolution, de mesurer de manière précise et en peu de temps la densité minérale osseuse (DMO). Depuis les années 80, les images sont obtenues par absorptiométrie biphotonique à rayons X, *dual photon X-ray absorptiometry* ou DXA, utilisant des rayons X à basse et haute énergies avec une très faible irradiation.<sup>1</sup> Les appareils les plus récents ont une réso-

lution spatiale améliorée (de 1500 micromètres auparavant à environ 300 micromètres actuellement), avec une meilleure qualité d'image, une acquisition d'images plus rapide (< 30 secondes), et une plus grande précision, sans augmentation de l'irradiation. Ceci, couplé à l'importante évolution de la programmation informatique, a permis le développement de différentes fonctions que celles initialement imaginées. Nous parlerons en détail de celles appliquées en routine clinique chez l'adulte, et jetterons un aperçu aux développements qui font de la DXA une technique d'imagerie multifonction à part entière.

## IMAGERIE OSSEUSE

### Mesure de la densité minérale osseuse

C'est l'examen de référence pour diagnostiquer une ostéoporose en l'absence de fractures à basse énergie (tableau 1). La DMO est corrélée au risque fracturaire indépendamment de plusieurs facteurs de risque cliniques, et permet un suivi des patients sous traitement spécifique. Elle ne suffit pas pour estimer pleinement le risque fracturaire et doit être associée à des facteurs de risque cliniques (outil FRAX). Il existe des règles strictes d'utilisation pour minimiser les erreurs potentielles, liées à la machine, au technicien (positionnement et analyse) et même au patient. Il est donc impératif d'être formé au-delà d'une simple mise en mains par le constructeur (Cours IOF ISCD par exemple).

Rev Med Suisse 2015; 11: 645-50

E. Gonzalez  
Rodriguez  
L. Favre  
O. Lamy  
F. Pralong  
D. Hans

### DXA imaging: the multifunction Swiss army knife?

The significant progress on the quality and resolution of the images obtained by «Dual X-ray Absorptiometry» or DXA has permitted on one hand to improve some existing features and on the other to develop new ones, significantly refining the care of our patients in various pathologies. For example, by improving the prediction of fracture risk by indirect analysis of micro- and macro-architecture of the bone, by looking for markers of associated bone diseases (research vertebral fractures or atypical femoral fractures), or by assessing the metabolic status by the measurement of body composition. With the best performing DXA devices we will soon be able, in clinical routine, to determine bone age, to estimate cardiovascular risk (by measuring the calcification of the abdominal aorta) or to predict the progression of joint osteoarthritis and its evolution after surgical management.

**Tableau 1. Interprétation des résultats de mesure de la densité minérale osseuse par DXA à la colonne vertébrale, au col du fémur et au fémur total**

Diagnostics	T-scores
Densité osseuse normale	$\geq -1$ DS
Ostéopénie	$-1$ DS <...> $-2,5$ DS
Ostéoporose	$\leq -2,5$ DS

T-score: valeurs de masse osseuse sous forme de déviations standards (DS) par rapport au pic théorique de masse osseuse (moyenne des valeurs des jeunes adultes entre 20 et 30 ans).  
DXA: absorptiométrie biphotonique à rayons X.

**Tableau 2. Propositions de définition de l'état de la texture osseuse en fonction des valeurs du TBS au niveau de la colonne vertébrale en vue postéro-antérieure**

Valeurs de TBS	Définitions
$TBS \geq 1,310$	Texture osseuse normale
$1,230 < TBS < 1,310$	Texture osseuse partiellement altérée
$TBS \leq 1,230$	Texture osseuse altérée

Le TBS s'exprime en chiffres sans unité.<sup>2</sup>

TBS: trabecular bone score.

Seuils selon communication personnelle de John Kanis.

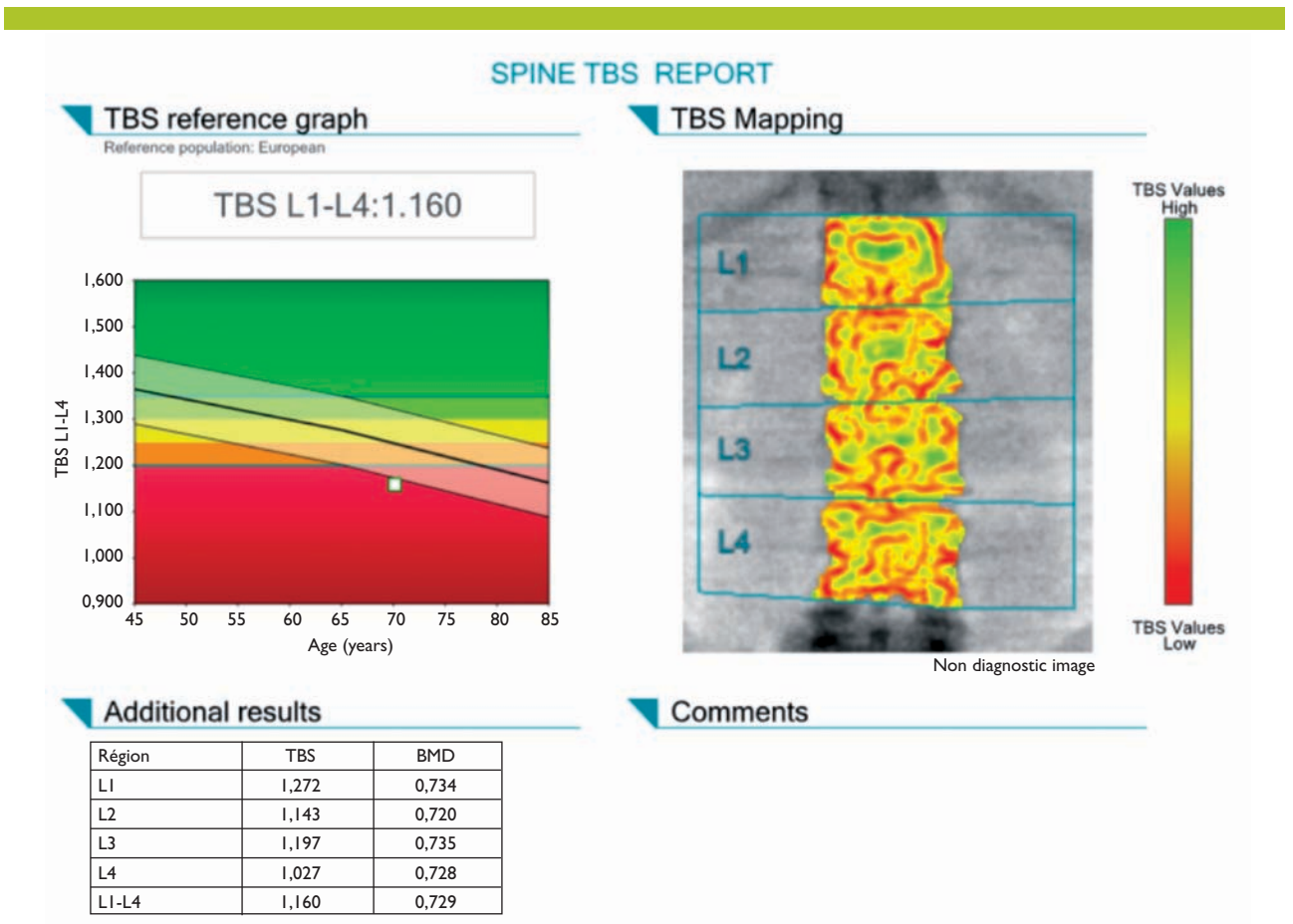
### Trabecular bone score ou TBS

Le TBS est un indice de texture osseuse. Il a fait l'objet d'une revue récemment dans ce journal.<sup>2</sup> Il s'agit d'un algorithme installé sur la machine à DXA (*TBS iNspight software*) appliqué sur une image de la colonne lombaire, sans acquisition supplémentaire<sup>2</sup> (tableau 2 et figure 1). Il est complémentaire à la DMO et aux facteurs de risque cliniques dans l'évaluation du risque fracturaire.<sup>3</sup> Il sera ajouté à l'outil FRAX courant 2015, permettant une utilisation simplifiée en routine clinique. Le TBS est fortement altéré dans certaines pathologies augmentant le risque fracturaire sans que la DMO soit fortement touchée (cortisone, diabète). Tout comme la

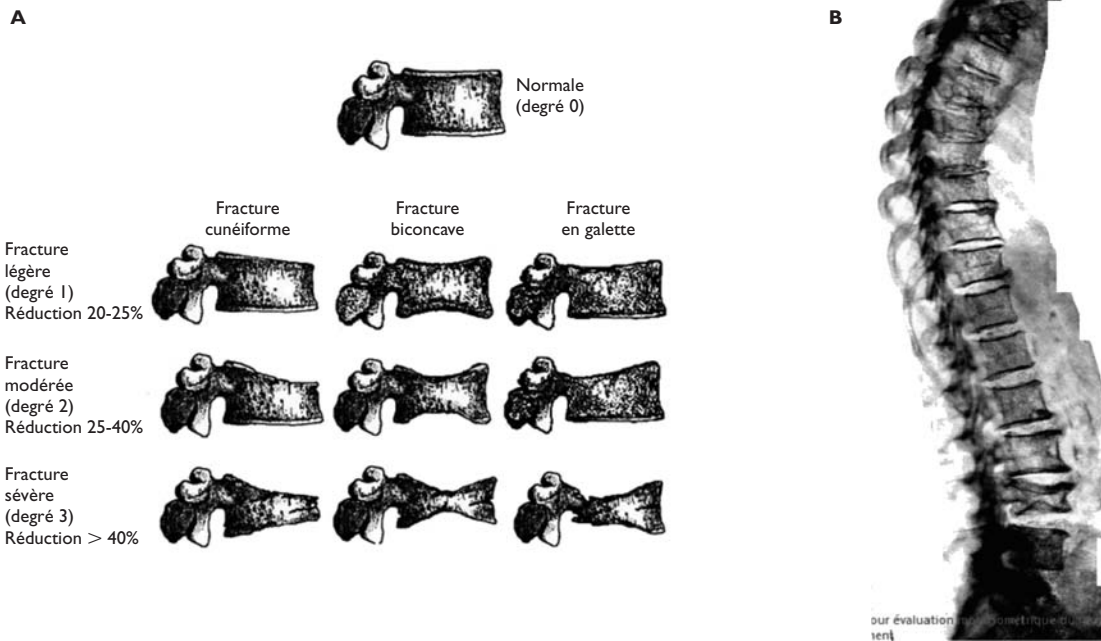
DMO, il faut en connaître les limites tant pour l'acquisition que l'interprétation: mauvais positionnement du patient, variation importante de poids entre deux examens.

### Vertebral fracture assesment ou VFA

Les images latérales de la colonne par DXA permettent de faire une analyse vertébrale instantanée à la recherche de fractures vertébrales des vertèbres D4 à L5<sup>4</sup> (figure 2). Ce dépistage est important car près de 70% d'entre elles sont asymptomatiques. Leur présence est un facteur prédictif fort de la récurrence fracturaire vertébrale ou non vertébrale. De plus, à peu près 50% des fractures vertébrales se produi-



**Figure 1. Exemple d'un rapport de mesure du trabecular bone score ou trabéculométrie**



**Figure 2. Diagnostic de fracture vertébrale : méthode visuelle semi-quantitative de Genant**

(Selon réf.<sup>4</sup>).

**A.** Classification des fractures vertébrales selon la méthode visuelle semi-quantitative de Genant. **B.** Image d'une «Vertebral Fracture Assessment» ou VFA par absorptiométrie biphotonique à rayons X. L'image est analysable entre T4 et L5, et met en évidence une fracture biconcave grade 3 selon Genant de la vertèbre L4.

sent chez des individus avec seulement une ostéopénie densitométrique.<sup>5</sup> Les doses d'irradiation sont beaucoup plus faibles que celles de la radiologie conventionnelle (3  $\mu$ Sv vs > 100  $\mu$ Sv), avec une performance similaire.<sup>4-6</sup> Elle peut être effectuée dans le même temps que la densitométrie osseuse. Son intérêt dans le dépistage des fractures asymptomatiques dans des groupes à risque commence à être démontré dans des études coût-efficacité.<sup>7</sup>

### Hip structural analysis (HSA)

Le HSA est un algorithme qui utilise les images de la hanche obtenues par DXA pour estimer des indices de résistance mécanique du fémur proximal liés à sa géométrie, par exemple l'aire de la coupe transversale (*cross-sectional area*, CSA); le moment d'inertie transversal (*cross-sectional moment of inertia*, CSMI); le diamètre externe; la longueur du col du fémur (*hip axis length*, HAL); le module Z (Z, index de la force de pliage); l'épaisseur corticale moyenne estimée; le ratio de torsion ou *buckling ratio* (BR).<sup>8</sup> Le HSA à partir d'images par DXA présente des limitations, en lien avec la nature bidimensionnelle de l'acquisition des images par DXA, la résolution des images, et la reproductibilité. Par ailleurs, des paramètres considérés comme homogènes dans l'algorithme ne le sont pas (la symétrie de l'os, ou l'uniformité de l'épaisseur corticale). La plupart de ces paramètres sont fortement corrélés à la DMO, et apportent peu d'informations supplémentaires, à l'exception du HAL. Ces limitations pourraient être résolues à l'avenir par l'utilisation d'une image en 3D à partir de multiples acquisitions, mais son utilité pour améliorer la prédiction du risque fracturaire reste à démontrer.

### Fracture fémorale atypique (FFA)

Les FFA sont des fractures fémorales diaphysaires à basse énergie avec un aspect radiologique caractéristique, associées à des traitements antirésorbeurs de l'ostéoporose.<sup>9</sup> Elles peuvent être diagnostiquées précocement (fracture incomplète) sur une radiographie conventionnelle. Ces changements précoces peuvent être visibles sur une imagerie DXA spécifique de la diaphyse fémorale. Deux études se sont intéressées au dépistage des FFA par imagerie dédiée lors de la réalisation de densitométries osseuses. L'une, prospective, chez des patients ayant eu des bisphosphonates > 5 ans, décrit une prévalence de 2,7% de signes radiologiques de FFA. Cependant, la valeur prédictive positive est basse à 37%.<sup>10</sup> L'autre, rétrospective, chez des patients ayant présenté une FFA, conclut que l'analyse des images de densitométrie osseuse n'est pas un bon outil de prédiction du risque.<sup>11</sup> En août 2013, la FDA a approuvé l'utilisation des densitomètres Hologic de dernière génération pour le dépistage des modifications radiologiques associées aux FFA sur des images de la diaphyse fémorale. L'application en routine clinique nécessite des études supplémentaires.

### COMPOSITION CORPORELLE

La mesure de la composition corporelle par DXA est une technique particulièrement attractive en raison de la précision des données qu'elle fournit, de son caractère non invasif, de son faible coût et de l'irradiation très faible en comparaison à d'autres techniques (CT ou IRM). Elle permet

une analyse précise des trois composants par un scan du corps entier: la masse grasse, la masse maigre et le contenu minéral osseux.

### Indice de masse grasse

L'IMC est un moyen rapide d'évaluer l'excès pondéral, mais il est imprécis quant au risque métabolique effectif puisque son calcul tient compte du poids dans son ensemble et non de la masse grasse uniquement. Des patients avec un IMC dans la norme peuvent en effet présenter un risque métabolique important, alors que des patients avec une obésité selon l'IMC peuvent avoir un risque métabolique faible.

L'indice de masse grasse obtenu par DXA permet de corriger cette évaluation.<sup>12</sup> C'est un rapport entre la masse grasse totale sur la taille au carré. C'est une mesure de l'adiposité spécifique au genre (masculin/féminin) qui permet d'évaluer l'excès ou le déficit de masse grasse<sup>13</sup> (figure 3a).

### Contenu en tissu adipeux viscéral (VAT)

Le VAT, mesuré par DXA, est significativement associé au risque cardiovasculaire.<sup>14</sup> La masse grasse viscérale est un facteur de risque nettement plus marqué que la masse grasse sous-cutanée. Ainsi, pour un même indice de masse grasse, le contenu en VAT peut varier significativement (figure 3b). Bien que les seuils de risque ne soient pas encore établis, des normes chez des femmes caucasiennes âgées de 20 à 40 ans existent. Cette mesure est particulièrement utile dans le suivi des patients, notamment pour évaluer l'impact d'une augmentation ou d'une réduction pondérale.

### Indice de masse maigre appendiculaire (ALMI)

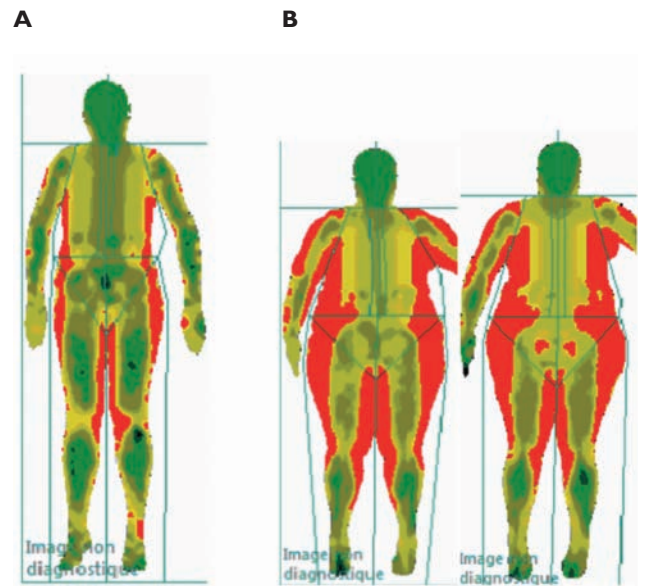
L'ALMI revêt également une importance clinique. Il est obtenu en divisant la masse maigre appendiculaire par la taille au carré. Un indice de masse maigre abaissé doit faire évoquer le diagnostic de sarcopénie. Il est posé si l'abaissement de l'ALMI est associé à une vitesse de marche < 1 m/s.<sup>15</sup>

L'utilisation de la composition corporelle par la DXA pour d'autres applications est en pleine expansion (évaluation de la lipodystrophie chez les patients VIH, évolution de la masse maigre chez les sportifs, etc.) mais nécessite encore des études.

## AUTRES APPLICATIONS

### Age osseux

La méthode classique pour déterminer l'âge osseux est celle de Greulich et Pyle. Il s'agit de reconnaître des indicateurs de maturité osseuse sur des radiographies conventionnelles de la main et du poignet, en les comparant avec un atlas de référence.<sup>16</sup> Elle doit souvent être effectuée de façon répétée pendant le développement pubertaire (1-2 x/an), ce qui pose le problème de l'irradiation. La qualité de l'imagerie de la main par les appareils à DXA de dernière génération (iDXA et Horizon) a été considérée comme suffisante pour déterminer l'âge osseux,<sup>17</sup> avec des doses d'irradiation beaucoup plus faibles que la radiologie classique (0,0001 mSv vs 0,001 mSv).<sup>18</sup> De plus, la mesure de l'âge os-



**Figure 3. Images et interprétation de compositions corporelles obtenues par DXA**

**A.** Patient de 19 ans. IMC 25,5 kg/m<sup>2</sup> correspondant à une surcharge pondérale selon l'OMS. Son indice de masse grasse est de 9,26 kg/m<sup>2</sup> correspondant à une obésité de classe I. L'IMC dans ce cas n'est pas un bon reflet de l'excès de masse grasse.

**B.** Patiente 1 (gauche): 50 ans. IMC 40,7 kg/m<sup>2</sup>. Indice de masse grasse 21,38 kg/m<sup>2</sup> correspondant à une obésité de classe III. Contenu en tissu adipeux viscéral 989 g.

Patiente 2 (droite): 40 ans. IMC 41,1 kg/m<sup>2</sup>. Indice de masse grasse 21,39 kg/m<sup>2</sup> correspondant à une obésité de classe III. Contenu en tissu adipeux viscéral 2291 g.

Ces deux patientes ont un IMC comparable et un indice de masse grasse identique. La patiente 1 a cependant un contenu en tissu adipeux viscéral nettement plus faible que la patiente 2. Le risque cardiovasculaire est beaucoup plus important chez la patiente 2.

DXA: absorptiométrie biphotonique à rayons X.

seux par DXA chez les enfants et adolescents faciliterait l'application des nouvelles recommandations d'interprétation des densitométries chez l'enfant (2<sup>e</sup> Conférence de prise de position pédiatrique de la Société internationale de densitométrie clinique en 2013).<sup>19</sup>

### Calcification de l'aorte abdominale (CAA)

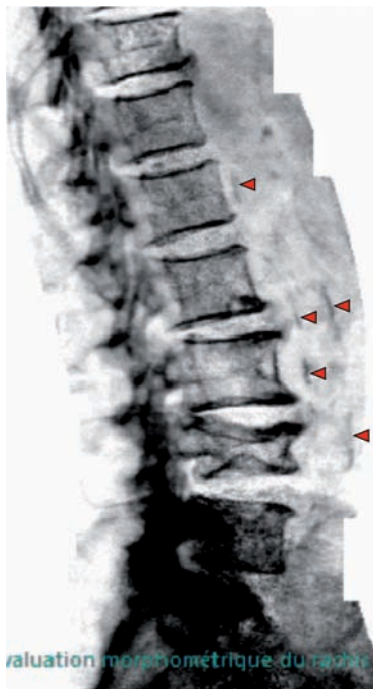
La CAA mesurée sur des radiographies latérales est un marqueur de la maladie cardiovasculaire (CV) infraclinique. Elle est associée de façon indépendante à la morbidité et mortalité CV. Une calcification plus importante est associée à un risque plus élevé d'événements CV.<sup>20</sup> Aussi, une augmentation du risque CV proportionnelle à la sévérité de l'ostéoporose a été décrite.<sup>21</sup> La détermination de la CAA sur les images latérales par DXA de la colonne est une méthode reproductible, corrélée avec le risque d'événements CV.<sup>22</sup> Un score de CAA comportant huit points peut être calculé rapidement<sup>23</sup> (tableau 3, figure 4). Un score  $\geq 3$  indiquerait un risque CV à dix ans > 20%. Là encore, la DXA limite l'irradiation et le coût par rapport aux radiographies. Son utilisation en routine clinique, chez les patients adressés pour une densitométrie osseuse, ciblerait les patients à risque d'une maladie CV infraclinique.<sup>24</sup>



**Tableau 3. Echelle de quantification de la calcification aortique abdominale à 8 points ou score AAC-8**

Longueur totale de la calcification	Points
Absente	0
Moins ou égale à la hauteur de 1 vertèbre	1
Plus de 1 mais moins de 2 vertèbres	2
Plus de 2 mais moins de 3 vertèbres	3
Plus de 3 vertèbres	4

L'estimation de la longueur totale de la calcification s'applique séparément aux parois antérieure et postérieure de l'aorte abdominale entre les vertèbres L1 à L4. Le score final est la somme des points attribués à chaque paroi.<sup>23</sup>



**Figure 4. Calcification aortique visible dans la VFA par DXA de la patiente de la figure 2**

La quantification selon le score AAC-8 donne un total de 4 points (2 points attribuables à chacune des parois antérieure et postérieure, cf. pointes de flèches).

VFA: vertebral fracture assesment; DXA: absorptiométrie biphotonique à rayons X.

en charge chirurgicale ou conservatrice.<sup>27,28</sup> Ce qui est vrai au fémur, l'est aussi au niveau du genou moyennant une acquisition spécifique.

## CONCLUSION

L'amélioration de la résolution spatiale, la qualité et la précision des images obtenues par DXA, et sa faible irradiation, ont permis un développement très important des possibilités diagnostiques. Certaines visent l'amélioration de la prédiction du risque fracturaire et sont déjà disponibles en clinique (TBS, HAL), d'autres remplacent ou pourraient remplacer progressivement la radiologie conventionnelle (VFA, FFA, âge osseux, radiographie articulaire). L'autre développement majeur concerne l'évaluation des tissus mous et des paramètres métaboliques ainsi que de la sarcopénie. Ces paramètres et applications n'ont pas tous les mêmes niveaux de validation et d'utilité clinique mais il devient clair que la DXA n'est pas juste un «ostéo-densitomètre». Elle devient une technique d'imagerie multifonction... un petit peu comme notre cher couteau suisse. ■

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article.

## Implications pratiques

- > Dans l'ostéoporose, l'imagerie par DXA (absorptiométrie biphotonique à rayons X) affine la détermination du risque fracturaire par l'analyse de la texture osseuse de la colonne vertébrale (microarchitecture) et des paramètres structuraux du fémur (macroarchitecture)
- > La qualité des images des nouveaux appareils à DXA permet (permettra) de remplacer la radiologie conventionnelle: recherche de fractures vertébrales ostéoporotiques, fractures atypiques du fémur, détermination de l'âge osseux, arthrose
- > L'imagerie par DXA participera à l'évaluation du risque cardiovasculaire par une meilleure définition de la composition corporelle (contenu en masse grasse, graisse viscérale), et peut-être par la mesure des calcifications de l'aorte abdominale
- > Les principaux avantages de l'imagerie par DXA sont la très faible irradiation, son faible coût et sa disponibilité géographique

## Adresse

Drs Elena Gonzalez Rodriguez et Olivier Lamy  
Pr Didier Hans  
Centre des maladies osseuses  
Département de l'appareil locomoteur  
Dr Lucie Favre  
Pr François Pralong  
Service d'endocrinologie, diabétologie et métabolisme (EGR)  
Département de médecine  
CHUV, 1011 Lausanne  
elena.gonzalez-rodriguez@chuv.ch  
olivier.lamy@chuv.ch  
didier.hans@chuv.ch  
lucie.favre@chuv.ch  
francois.pralong@chuv.ch

## Arthrose et prothèses articulaires

L'amélioration de la qualité des images (environ 300 micromètres), qui approche celle des radiographies conventionnelles, couplée à la faible irradiation de la technique et aux possibilités d'analyse de l'image, rend l'imagerie par DXA attractive pour l'évaluation de certaines pathologies ostéoarticulaires. Une étude a montré sa précision et sa reproductibilité dans la classification Kellgren-Lawrence de l'arthrose de la hanche.<sup>25</sup> Une analyse spécifique pourrait prédire la progression de l'arthrose.<sup>26</sup> L'imagerie par DXA pourrait aussi permettre de suivre l'évolution après une prise



## Bibliographie

- 1 Chun KJ. Bone Densitometry. *Semin Nucl Med* 2011;41:220-8.
- 2 Lamy O, Gonzalez Rodriguez E, Stoll D. Le trabecular bone score en routine clinique: propositions d'utilisation. *Rev Med Suisse* 2014;10:2027-31.
- 3 \*\* Silva BC, Leslie WD, Resch H, et al. Trabecular bone score: A noninvasive analytical method based upon the DXA image. *J Bone Miner Res* 2014;29:518-30.
- 4 Krieg MA, Lamy O, Hans D. Fracture vertébrale évaluée par ostéodensitométrie. Un nouveau facteur de risque pour la fracture. *Rev Med Suisse* 2007;3:1496-8.
- 5 Bazzocchi A, Spinnato P, Fuzzi F, et al. Vertebral fracture assessment by new dual-energy X-ray absorptiometry. *Bone* 2012;50:836-41.
- 6 Diacinti D, Del Fiacco R, Pisani D, et al. Diagnostic performance of vertebral fracture assessment by the lunar iDXA scanner compared to conventional radiography. *Calcif Tissue Int* 2012;91:335-42.
- 7 Clark EM, Carter L, Gould VC, et al. Vertebral fracture assessment (VFA) by lateral DXA scanning may be cost-effective when used as part of fracture liaison services or primary care screening. *Osteoporos Int* 2014;25:953-64.
- 8 LaCoix AZ, Beck TJ, Cauley JA, et al. Hip structural geometry and incidence of hip fracture in postmenopausal women: What does it add to conventional bone mineral density? *Osteoporos Int* 2010;21:919-29.
- 9 Shane E, Burr D, Abrahamsen B, et al. Atypical subtrochanteric and diaphyseal femoral fractures: Second report of a task force of the American Society for Bone and Mineral Research. *J Bone Miner Res* 2014;29:1-23.
- 10 McKenna MJ, van der Kamp S, Hefferman E, et al. Incomplete atypical femoral fractures: Assessing the diagnostic utility of DXA by extending femur length. *J Clin Densitom* 2013;16:579-83.
- 11 Kim S, Yang KH, Lim H, et al. Detection of prefracture hip lesions in atypical subtrochanteric fracture with dual-energy X-ray absorptiometry images. *Radiology* 2014;270:487-95.
- 12 \* Oliveros EI, Somers VKI, Sochor O et al. The concept of normal weight obesity. *Prog Cardiovasc Dis* 2014;56:426-33.
- 13 \* Kelly T, Wilson K, Heymsfield S. Dual energy X-ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PLoS One* 2009;4:e7038.
- 14 \* Katzmarzyk PTI, Greenway FL, Heymsfield SB, et al. Clinical utility and reproducibility of visceral adipose tissue measurements derived from dual-energy X-ray absorptiometry in White and African American adults. *Obesity* 2013;21:2221-4.
- 15 \* Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, et al. Sarcopenia: An undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: Prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* 2011;12:249-56.
- 16 Greulich WW, Pyle S. 1959 Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Palo Alto, CA: Stanford University Press.
- 17 \* Heppel DHM, Taal HR, Ernst GDS, et al. Bone age assessment by dual-energy X-ray absorptiometry in children: An alternative for X-ray? *Brit J Radiol* 2012;85:114-20.
- 18 Mettler FA, Huda W, Yoshizumi TT, et al. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: A catalog. *Radiology* 2008;248:254-63.
- 19 [www.iscd.org/official-positions/2013-iscd-official-positions-pediatric/](http://www.iscd.org/official-positions/2013-iscd-official-positions-pediatric/)
- 20 \* Bastos Gonçalves F, Voûte MT, Hoeks SE, et al. Calcification of the abdominal aorta as an independent predictor of cardiovascular events: A meta-analysis. *Heart* 2012;98:988-94.
- 21 Tanko LB, Christiansen C, Cox DA, et al. Relationship between osteoporosis and cardiovascular disease in postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 2005;20:1912-20.
- 22 Schousboe JT, Taylor BC, Kiel DP, et al. Abdominal aortic calcification detected on lateral spine images from a bone densitometer predicts incident myocardial infarction or stroke in older women. *J Bone Miner Res* 2008;23:409-16.
- 23 Schousboe JT, Wilson KE, Hangartner TN. Detection of aortic calcification during vertebral fracture assessment (VFA) compared to digital radiography. *PLoS One* 2007;2:e715.
- 24 Massé PG, Tranchant CC, Dosy J, et al. Coexistence of osteoporosis and cardiovascular disease risk factors in apparently healthy, untreated postmenopausal women. *Int J Vitam Nutr Res* 2005;75:97-106.
- 25 Yoshida K, Barr RJ, Galea-Soler S, et al. Reproducibility and diagnostic accuracy of Kellgren-Lawrence grading for osteoarthritis using radiographs and dual-energy X-ray absorptiometry images. *J Clin Densitom* 2014; epub ahead of print.
- 26 Castaño Betancourt MC, Van der Linden JC, Rivadeneira F, et al. Dual energy X-ray absorptiometry analysis contributes to the prediction of hip osteoarthritis progression. *Arthritis Res Ther* 2009;11:R162.
- 27 Hakulinen MA, Borg H, Häkkinen A, et al. Quantification of bone density of the proximal femur after hip resurfacing arthroplasty – comparison of different DXA acquisition modes. *J Clin Densitom* 2010;13:426-32.
- 28 Iolascon G, Di Pietro G, Capaldo A, et al. Periprosthetic bone density as outcome of therapeutic response. *Clin Cases Miner Bone Metab* 2010;7:27-31.

\* à lire

\*\* à lire absolument