



HAL
open science

Diagnostic des fractures vertébrales ostéoporotiques : le “ Vertebral fracture assessment ” ne suffit pas

Thierry Muller

► **To cite this version:**

Thierry Muller. Diagnostic des fractures vertébrales ostéoporotiques : le “ Vertebral fracture assessment ” ne suffit pas. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. hal-01931896

HAL Id: hal-01931896

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01931896>

Submitted on 23 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

2018

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement

dans le cadre du troisième cycle de Médecine Générale

par

Thierry MULLER

Le 27 avril 2018

**Diagnostic des fractures vertébrales ostéoporotiques :
le « Vertebral fracture assessment » ne suffit pas**

Membres du jury :

Président : Mr le Professeur Weryha

Juges : Mr le Professeur Debouverie

Mr le Professeur Boivin

Mme le Docteur Weryha



Président de l'Université de Lorraine :
Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen de la Faculté de Médecine :
Professeur Marc BRAUN

Vice-doyens

Pr Karine ANGIOI-DUPREZ, Vice-Doyen

Pr Marc DEBOUVERIE, Vice-Doyen

Assesseurs :

Premier cycle : Dr Julien SCALA-BERTOLA

Deuxième cycle : Pr Marie-Reine LOSSER

Troisième cycle : Pr Marc DEBOUVERIE

Président de Conseil Pédagogique : Pr Bruno CHENUUEL

Formation à la recherche : Dr Nelly AGRINIER

SIDES : Pr Laure JOLY

Relations Grande Région : Pr Thomas FUCHS-BUDER

CUESIM : Pr Stéphane ZUILY

Chargés de mission

Bureau de docimologie : Dr Guillaume VOGIN

Commission de prospective facultaire : Pr Karine ANGIOI-DUPREZ

Orthophonie : Pr Cécile PARIETTI-WINKLER

PACES : Dr Mathias POUSSEL

Plan Campus : Pr Bruno LEHEUP

International : Pr Jacques HUBERT

=====

DOYENS HONORAIRES

Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER - Professeur Henry COUDANE

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY
Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL - Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE
Jean-Louis BOUTROY - Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL -
Claude CHARDOT - Jean-François CHASSAGNE - François CHERRIER - Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY -
Emile de LAVERGNE

Jean-Pierre DESCHAMPS - Jean DUHEILLE - Jean-Bernard DUREUX - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE Bernard
FOLIGUET - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Professeur Jean-Luc
GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles
GROSDIDIER - Oliéro GUERCI

Philippe HARTEMANN - Gérard HUBERT - Claude HURIET - Christian JANOT - Michèle KESSLER - François
KOHLER

Jacques LACOSTE - Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain
LE FAOU - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN -
Jean-Claude MARCHAL - Yves MARTINET - Pierre MATHIEU - Michel MERLE - Pierre MONIN - Pierre NABET -
Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Gilbert PERCEBOIS - Claude
PERRIN - Luc PICARD - François PLENAT - Jean-Marie POLU

Jacques POUREL - Jean PREVOT - Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER - Denis REGENT - Michel
RENARD

Jacques ROLAND - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC -
Claude SIMON - Danièle SOMMELET - Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Gérard
VAILLANT - Paul VERT

Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Jean-Pierre VILLEMOT - Michel WEBER

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Etienne ALIOT - Professeur Gérard BARROCHE – Professeur Pierre BEY - Professeur Serge BRIANÇON - Professeur Jean-Pierre CRANCE – Professeur Gilbert FAURE - Professeur Bernard FOLIGUET – Professeur Alain GERARD – Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ - Professeure Simone GILGENKRANTZ - Professeur Gilles GROSDIDIER
Professeur Philippe HARTEMANN - Professeur Michèle KESSLER - Professeur François KOHLER - Professeur Alain LE FAOU Professeur Jacques LECLERE - Professeur Yves MARTINET – Professeur Patrick NETTER - Professeur Jean-Pierre NICOLAS
Professeur Luc PICARD - Professeur François PLENAT - Professeur Jean-François STOLTZ

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (*Anatomie*)

Professeur Marc BRAUN – Professeure Manuela PEREZ

2^{ème} sous-section : (*Histologie, embryologie et cytogénétique*)

Professeur Christo CHRISTOV

3^{ème} sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Professeur Jean-Michel VIGNAUD – Professeur Guillaume GAUCHOTTE

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{ère} sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

2^{ème} sous-section : (*Radiologie et imagerie médicale*)

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeur Serge BRACARD - Professeur Michel CLAUDON Professeure Valérie CROISÉ-LAURENT - Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur Bernard NAMOUR - Professeur Jean-Luc OLIVIER

2^{ème} sous-section : (*Physiologie*)

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur François MARCHAL

4^{ème} sous-section : (*Nutrition*)

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (*Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*)

Professeur Alain LOZNIÉWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

2^{ème} sous-section : (*Parasitologie et Mycologie*)

Professeure Marie MACHOUART

3^{ème} sous-section : (*Maladies infectieuses ; maladies tropicales*)

Professeur Thierry MAY - Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (*Épidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Professeur Francis GUILLEMIN - Professeur Denis ZMIROU-NAVIER

3^{ème} sous-section : (*Médecine légale et droit de la santé*)

Professeur Henry COUDANE

4^{ème} sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Professeure Eliane ALBUSSON - Professeur Nicolas JAY

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Professeur Pierre FEUGIER

2^{ème} sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie*)

Professeur Thierry CONROY - Professeur François GUILLEMIN - Professeur Didier PEIFFERT - Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (*Immunologie*)

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT - Professeure Marie-Thérèse RUBIO

4^{ème} sous-section : (*Génétique*)

Professeur Philippe JONVEAUX - Professeur Bruno LEHEUP

**48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

1^{ère} sous-section : (Anesthésiologie-réanimation)

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER
Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN

2^{ème} sous-section : (Réanimation)

Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique ; addictologie)

Professeur François PAILLE - Professeur Patrick ROSSIGNOL – Professeur Faiez ZANNAD

**49^{ème} Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE,
HANDICAP ET RÉÉDUCATION**

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Luc TAILLANDIER - Professeure Louise TYVAERT

2^{ème} sous-section : (Neurochirurgie)

Professeur Jean AUQUE - Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

3^{ème} sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre KAHN - Professeur Raymund SCHWAN

4^{ème} sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)

Professeur Bernard KABUTH

5^{ème} sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)

Professeur Jean PAYSANT

**50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE
PLASTIQUE**

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

2^{ème} sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

1^{ère} sous-section : (Pneumologie ; addictologie)

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET - Professeur Yves JUILIERE

Professeur Nicolas SADOUL

3^{ème} sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)

Professeur Thierry FOLLIGUET - Professeur Juan-Pablo MAUREIRA

4^{ème} sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{ère} sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

3^{ème} sous-section : (Néphrologie)

Professeur Luc FRIMAT - Professeure Dominique HESTIN

4^{ème} sous-section : (Urologie)

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

**53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE, CHIRURGIE GÉNÉRALE ET MÉDECINE
GÉNÉRALE**

1^{ère} sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie)

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY
Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

2^{ème} sous-section : (Chirurgie générale)

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD

3^{ème} sous-section : (Médecine générale)

Professeur Jean-Marc BOIVIN – Professeur Paolo DI PATRIZIO

54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{ère} sous-section : (Pédiatrie)

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET
Professeur Emmanuel RAFFO - Professeur Cyril SCHWEITZER

2^{ème} sous-section : (Chirurgie infantile)

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

3^{ème} sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

4^{ème} sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{ère} sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

2^{ème} sous-section : (Ophtalmologie)

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD

3^{ème} sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)

Professeure Muriel BRIX

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61^{ème} Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

65^{ème} Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeure Céline HUSELSTEIN

=====

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Professeur associé Sophie SIEGRIST

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Docteur Bruno GRIGNON

2^{ème} sous-section : (Histologie, embryologie et cytogénétique)

Docteure Chantal KOHLER

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{ère} sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)

Docteur Antoine VERGER (stagiaire)

2^{ème} sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)

Docteur Damien MANDRY

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle AIMONE-GASTIN

Docteure Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteur Marc MERTEN - Docteur Abderrahim OUSSALAH

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Docteure Silvia DEMOULIN-ALEXIKOVA - Docteur Mathias POUSSEL – Docteur Jacques JONAS (stagiaire)

3^{ème} sous-section : (Biologie Cellulaire)

Docteure Véronique DECOT-MAILLERET

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

2^{ème} sous-section : (Parasitologie et mycologie)

Docteure Anne DEBOURGOGNE

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)

Docteure Nelly AGRINIER - Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE

2^{ème} sous-section (Médecine et Santé au Travail)

Docteure Isabelle THAON

3^{ème} sous-section (Médecine légale et droit de la santé)

Docteur Laurent MARTRILLE

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (Hématologie ; transfusion)

Docteur Aurore PERROT – Docteur Julien BROSEUS

2^{ème} sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)

Docteure Lina BOLOTINE – Docteur Guillaume VOGIN

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Docteure Céline BONNET

48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

2^{ème} sous-section : (Réanimation ; Médecine d'urgence)

Docteur Antoine KIMMOUN

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteure Françoise LAPICQUE - Docteur Julien SCALA-BERTOLA

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique ; Médecine d'urgence ; addictologie)

Docteur Nicolas GIRERD

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Docteure Anne-Christine RAT

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Docteure Anne-Claire BURSZTEJN

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

3^{ème} sous-section : (Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)

Docteur Fabrice VANHUYSE

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{ère} sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)

Docteur Jean-Baptiste CHEVAUX – Docteur Anthony LOPEZ (stagiaire)

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE, CHIRURGIE GÉNÉRALE ET MÉDECINE GÉNÉRALE

2^{ème} sous-section : (Chirurgie générale)

Docteur Cyril PERRENOT (stagiaire)

3^{ème} sous-section : (Médecine générale)

Docteure Elisabeth STEYER

54^{ème} Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

5^{ème} sous-section : (Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)

Docteure Isabelle KOSCINSKI

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{ère} sous-section : (Oto-Rhino-Laryngologie)

Docteur Patrice GALLET

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^{ème} Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

7^{ème} Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES

Madame Christine DA SILVA-GENEST

19^{ème} Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

65^{ème} Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ - Monsieur Jean-Louis GELLY - Madame Ketsia HESS - Monsieur Christophe NEMOS

66^{ème} Section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteur Pascal BOUCHE – Docteur Olivier BOUCHY - Docteur Cédric BERBE - Docteur Jean-Michel MARTY

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)
Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
*Research Institute for Mathematical Sciences de
Kyoto (JAPON)*

Professeure Maria DELIVORIA-
PAPADOPOULOS (1996)
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)
Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)
Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)

Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume-Uni)
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)
Université de Wuhan (CHINE)
Professeur David ALPERS (2011)
Université de Washington (U.S.A)
Professeur Martin EXNER (2012)
Université de Bonn (ALLEMAGNE)

Remerciements

À mon Maître et Président du Jury,

Monsieur le Professeur WERYHA,

Professeur d'endocrinologie,

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde et respectueuse reconnaissance pour m'avoir permis de réaliser ce travail.

Je vous remercie pour votre disponibilité et votre aide tout au long de sa réalisation.

À mon Maître et Juge,

Monsieur le Professeur DEBOUVERIE,

Professeur de Neurologie.

Vous me faites l'honneur de juger ce travail.

Veillez trouver ici mes sincères remerciements et l'assurance de ma profonde reconnaissance pour tout ce que vous avez fait à mon égard et

le service de médecine B.

À mon Maître et Juge,

Monsieur le Professeur BOIVIN,

Professeur en médecine générale.

Vous me faites l'honneur de juger ce travail.

Veillez trouver ici mes sincères remerciements et l'assurance de ma profonde estime.

À mon Maître et Juge,

Madame le Docteur Weryha,

Praticienne hospitalière en radiologie à l'hôpital d'enfants du CHU de Nancy,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail.

Veillez trouver ici mes sincères remerciements et l'assurance de ma profonde estime pour tout le travail fourni, pour permettre l'aboutissement de ce travail.

A ma famille :

Merci à Marjorie,

A mon amour d'être toujours à mes côtés, pour tout ce que l'on a déjà vécu ensemble, et pour tous les heureux événements à venir...

A mes parents, d'avoir toujours été présents pour moi et de m'avoir toujours soutenu dans cette voie.

A Morgan, Coco, pour tous les moments passés ensemble et tous les moments où tu nous fais si rire !!

A Mémé, à Catherine et Pascale, à Pierre-Yves : merci pour tous les bons moments que j'ai passés avec vous, et surtout, quand j'étais petit.

A Louis mon oncle, Lydie et Mélanie, avec qui je partage toujours de bons moments en famille.

A Dorian : mention spéciale pour les moments passés à « l'appart' », qui resteront inoubliables, et tous les moments incroyables passés ensemble et ceux à venir.

A Fanny, merci pour ta gentillesse légendaire ; « *Bon chance !* » pour Metz.

A ma filleule Ania, la plus gentille et la plus marrante des petites filles ! Vivement qu'on aille ensemble à Europa Park !! *Et Léon aussi, son petit frère,* pour les bons moments à venir avec ta grande sœur chérie.

A Bernard et Colette : merci d'être toujours là pour Marjorie et moi - merci *Bernie* pour tes précieux conseils (en matière de travaux... même si t'as pas tout le temps raison !).

A Philippe, Emilienne, Hélène et Nicolas, pour les moments en famille que l'on passe régulièrement ensemble.

... *Et Merlouz',* le plus SYMPA de son espèce !!!

A tous mes amis et collègues :

Au Docteur Creusat, un excellent maître, qui a su non seulement me transmettre une grande partie de son expérience, mais aussi me donner des bases solides pour assumer une lourde responsabilité, celle de lui succéder : merci donc très sincèrement pour tout.

A Sophie et Léopoldine : aucun intérêt de faire tout ça sans vous, vous qui êtes à la fois des amies et collègues... fantastiques !

A Cyril, un ami et collègue formidable, et si serviable !

A Maëlle, la meilleure co-interne sur Terre ! Je suis en médecine B en grande partie grâce à toi, et je t'en serai toujours reconnaissant.

A « La Lou », merci pour tous les moments passés ensemble depuis le lycée - belle épopée depuis ! J'espère que ça continuera comme ça encore et pour longtemps !

A Nono : un si cher ami... que de moments passés ensemble !

A Deuf aussi, merci pour toutes les années exceptionnelles que l'on a passées ensemble, meilleure coloc' de tous les temps !!

A Antoine : c'était pas mal non plus à Tomblaine !

A Agathe : merci d'avoir été une vraie Bff pendant tout ce temps ! Ce n'était pas une mince affaire !! Heureusement qu'il y a les films de robots dans tout ça.

A Max Pradouz' : merci pour tous les moments « épiques » passés ensemble, surtout en Pologne...tellement « épique » !

A Jeanne : merci pour tout, et de nous avoir gardés en vie, Max et moi, en Pologne !

A Léa, sur qui je peux toujours compter. Quand je ne sais pas, je te demande. Et comme ça, je sais.

A Mini Clém' : merci d'être toujours de bonne humeur ! Ça annule un peu la « blastose »...

A Marion, Max Schwartz, la Caro du Pradouz' : merci pour tous les moments passés ensemble pendant nos études, c'était « gé-nial » !

A Max Lacote et Manu, the « Frog Team » !!

A Martin et Lulu, sans oublier leur petit Marius : merci pour tous les bons moments qu'on passe ensemble quand on peut se voir !

A Denis, « biiiiinnn sssûûûrrrrr » ! Merci de m'avoir trimballé partout sur ton zippo' ! Et à sa chérie, *la Lulu*, drôle et sympathique à souhait !

A JB, avec qui on a passé l'un des meilleurs moments de notre vie au Viêtâm.

A Perrine et David : des amis qui comptent double.

A Madame Nicolau : je garderai toujours en mémoire notre TPE du boumerang ! Mais surtout merci pour votre dévouement à enseigner la physique.

A Babeth et Titi : merci pour votre si grande gentillesse et votre si grande bonté, comme nous avoir accueillis annuellement pendant des années pour les « fritchons » !

A Fabien, et nos moments passés à Regina.

A Val et Béné' : merci de m'avoir supporté aux urgences ! Et toi Val surtout, merci pour tes précieux conseils pour la maison !

Au Docteur Baugnon : nul doute que vous avez influencé une partie de ma vie...

Au Docteur Mohammed : merci pour ta sympathie et pour ton professionnalisme exemplaire.

Au Docteur Michaud : merci de m'avoir permis d'accéder à une partie de la médecine qui est passionnante.

Au Docteur Fauvé : pour tous les bons soins prodigués au cours de ma jeunesse.

Merci aussi à tous les amis, d'ici et d'ailleurs :

A Thibaut et Marine, Aymeric et Lucie, Madeline, Céline et Clothilde, la bande à médecins, la promo' verdunoise, que de bons moments avec vous tous !

A Arnaud Beurré : avec qui j'ai notamment passé un sacré moment perdu dans la montagne, mais avec qui j'ai aussi vécu un super internat.

A Chew Pierre sur qui il faut veiller en astreinte.

A Mathieu, Elodie, Justine, Hortense, Hubert, Chouchou et Loulou, à mes amis Sébinou et Christopher, à Inès, à mon Guigui, à Bobotte et Mab'.

Au bon vieux Guy, à Claudine et Valentin, les Navel.

A mes co-internes et amies Ambre, Camille et Asma, merci pour ce semestre épique !

A Benjamin Giacometti, sa Colette, ses parents et Cécile sa soeur : merci pour votre gentillesse à mon égard.

A Nelson, Julie, Renaud, Tom et Nat', avec qui je partage souvent sur Verdun de bons moments.

A Sandrine de Lyon, qui passe bien souvent nous voir pour des moments toujours sympathiques.

A mes amis du basket : Yan, Nathan et Dam's.

Et à toutes mes collègues de travail :

Les secrétaires Gigi, Valérie, Candy et Honorine, sans qui je ne pourrais rien faire !!

A toutes les infirmières dévouées du service de médecine B.

A Jennifer.

SERMENT

«Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire. Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément. Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés. J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque ».

Partie 1 : article

Table des matières

Abréviations	18
Article	19
Résumé.....	19
Summary :	20
Introduction.....	21
Matériels et méthode.....	21
Population.....	21
Principe de la VFA	22
Analyse des scanners	23
Méthode statistique.....	23
Résultats.....	24
Population.....	24
Résultats radiologiques.....	25
Concordance inter-observateurs VFA	27
Concordance inter-observateurs scanner/VFA	27
Paramètres intrinsèques	27
Facteurs de justesse du diagnostic	28
Stratégies d'utilisation	29
Discussion	30
Conclusion	33
Bibliographie	34

Abréviations

GRIO = groupe de recherche et d'information sur les ostéoporoses

HR MDCT = high resolution multidetector computed tomography

IMC = indice de masse corporelle (rapport du poids sur la taille au carré)

ISCD = international society for clinical densitometry

MPR = multiplanar reformation

PACS = système d'archivage et de partage des images = picture archiving and communication system

VFA = vertebral fracture assessment

VFA 1 = examens relus par observateur 1

VFA 2 = examens relus par observateur 2

VPN = valeur prédictive négative

VPP = valeur prédictive positive

Article

Résumé

Introduction :

Les fractures vertébrales représentent une des complications sévères de l'ostéoporose bien que celles-ci soient souvent asymptomatiques. Leur mise en évidence représente une opportunité de prise en charge spécifique pour les patients. Des outils diagnostiques comme le « vertebral fracture assessment » ont été développés dans l'objectif d'améliorer le diagnostic de ces fractures.

Objectif :

Notre étude avait comme objectif principal d'évaluer les performances diagnostiques du « Vertebral fracture assessment » en le comparant au scanner du rachis thoraco-lombaire, pour le diagnostic des fractures vertébrales.

Matériel et méthode :

Il s'agissait d'une étude mono-centrique rétrospective réalisée à partir des données de patients du service d'endocrinologie du CHRU de Nancy. Chaque patient inclus avait bénéficié d'un scanner du rachis thoraco-lombaire et d'un examen de VFA appareillé dans le temps, dans le cadre d'un bilan d'ostéopathie fragilisante, durant la période de juin 2006 à juin 2016. Au total, 207 examens étaient inclus. Chaque scanner était analysé spécifiquement pour l'étude par un radiologue expérimenté et chaque examen de VFA analysé indépendamment par deux observateurs. Le diagnostic de fracture vertébrale était réalisé à l'aide de mesures morphométriques selon trois hauteurs vertébrales pour chaque vertèbre fracturée. La concordance entre les deux examens et observateurs était évaluée par test kappa et les paramètres intrinsèques de la VFA étaient calculés en prenant les résultats des scanners comme référence.

Résultats :

On retrouvait une sensibilité de 0.73 et 0.71 pour l'analyse par patient et une spécificité de 0.95 et 0.88 pour chaque observateur de VFA. Pour l'analyse par vertèbre, la sensibilité était nettement inférieure à savoir 0.47 et 0.48 pour une spécificité de 0.97. Cette différence était corrélée au faible nombre de vertèbres analysées en VFA à l'étage thoracique haut, ainsi qu'à la faible concordance sur les grades, la morphologie et la sous-estimation de la sévérité des fractures. La justesse du diagnostic était surtout influencée par le niveau vertébral et on retrouvait des performances acceptables pour le rachis thoracique bas et lombaire uniquement.

Conclusion :

L'apport diagnostique du « vertebral fracture assessment » apparaît surtout qualitatif au vu de ses faibles performances diagnostiques mais représente une opportunité supplémentaire de détecter une fracture vertébrale prévalente non connue.

Summary :

Introduction :

Vertebral fractures are considered as one major complication of osteoporosis disease despite being often asymptomatic. Their recognition represent an opportunity of specific treatment. Diagnosis tools such as the « Vertebral fracture assessment » have been designed to improve their management.

Objective :

The main objective of our study was to evaluate the diagnosis accuracy of the « Vertebral fracture assessment » by comparing it with thoraco-lumbar tomodensitometry, in the evaluation of vertebral fractures.

Material and methods :

It was a retrospective monocentric study based on data from patients registred in the endocrinology ward of the university hospital of Nancy. Each patient who benefit from both a thoraco-lumbar tomodensitometry and a VFA, matched in time and for a bone disease check-up were included during a period extending from june 2006 to june 2016. A total of 207 exams were included. Each scan was analyzed again specially for the study by an experiment radiologist and each VFA was independently analyzed by two different observers. The diagnostic of vertebral fracture was done by a morphometric evaluation based on vertebral heights. The agreement between the two tests and observers were evaluated by kappa score and intrinsic parameters of VFA were calculated based on thoraco-lumbar scan's results, considered as gold standard.

Results :

We found a sensibility of 0.73 and 0.71 on a per patient basis and a specificity of 0.95 and 0.88 for each observer. On a per vertebra basis, sensibility was significantly lower, evaluated at 0.47 and 0.48 for a specificity of 0.97. This difference was correlated to a low agreement between the two exams regarding grades and morphology of fractures, leading to underestimating their severity. Diagnosis accuracy was mostly influenced by vertebral level where acceptable performances were found only on the lower thoracic and lumbar levels.

Conclusion :

The contribution of VFA is mostly qualitative regarding its low diagnostic performances but represent an additional opportunity to detect a unknown prevalent vertebral fracture.

Introduction

L'ostéoporose est une pathologie fréquente touchant 40% des femmes ménopausées et 25% des hommes âgés. Sa conséquence directe est la fracture par faible énergie. La première fracture établit le diagnostic d'ostéoporose maladie et atteste d'un risque augmenté de fractures ostéoporotiques ultérieures ⁽¹⁾. Les traitements spécifiques de l'ostéoporose diminuent l'incidence de ces fractures et l'impact de leurs complications ⁽²⁾. Le diagnostic des fractures périphériques par faible énergie est cliniquement évident du fait des déformations ou des douleurs engendrées. En revanche, les fractures vertébrales occupent une place particulière du fait de leur caractère souvent asymptomatique mais elles sont reconnues comme des fractures sévères et associées à une comorbidité élevée ^(3,4). Elles représentent un facteur de risque majeur de survenue de fractures ostéoporotiques incidentes. Toutefois, seulement un tiers des fractures vertébrales incidentes est diagnostiqué ^(5,6).

Dans l'optique d'améliorer les stratégies de prise en charge des fractures vertébrales, un outil diagnostique a été développé, permettant de réaliser de manière concomitante à la réalisation d'une ostéodensitométrie, un cliché radiologique du rachis thoraco-lombaire, appelé désormais communément « vertebral fracture assessment » ⁽⁷⁾. Différents modèles d'appareils sont désormais disponibles, de constructeurs différents, mais ils permettent tous l'obtention rapide d'un cliché de face et de profil du rachis dorso-lombaire afin de réaliser des analyses morpho-métriques et ainsi détecter la présence d'une fracture vertébrale. Leur validité a été démontrée en comparant leurs performances par rapport à la radiographie conventionnelle. Toutefois, les données actuelles issues des diverses études sur ces appareils restent insuffisantes pour déterminer l'utilité en pratique clinique de la VFA et sa place dans les stratégies diagnostiques. Notre étude a comme objectif de comparer la VFA au scanner du rachis pour le diagnostic de fracture vertébrale sur des examens appareillés, pour en préciser ses performances et discuter de son utilité clinique.

Matériels et méthode

Population

Il s'agissait d'une étude monocentrique rétrospective réalisée au CHRU de Nancy sur des données de juin 2006, date d'obtention de l'appareil d'ostéodensitométrie étudié, à juin 2016 correspondant à la fin de la période d'inclusion des patients. La population étudiée correspondait aux patients du service d'Endocrinologie du CHRU de Nancy pris en charge dans le cadre de bilans d'ostéopathies fragilisantes et notamment d'ostéoporose. Chaque patient inclus avait bénéficié d'une densitométrie osseuse associée à la réalisation d'une radiomorphométrie par VFA. A partir des dossiers médicaux, ont été sélectionnés les patients ayant bénéficié, dans un intervalle de 3 mois maximum, d'un scanner du rachis thoraco-lombaire réalisé au centre d'imagerie Guilloz du CHRU de Nancy, qui soit disponible sur le système d'archivage d'imagerie du CHRU (PACS). Un patient ayant bénéficié de deux examens appareillés lors de périodes différentes pouvait être inclus deux fois. Le seul critère d'inclusion correspondait à la disponibilité des deux examens. Aucun critère d'exclusion

n'était appliqué. Tous les examens étaient analysés spécifiquement pour l'étude mais aucun n'a été réalisé pour celle-ci. L'ensemble des données était rendu anonyme avant leur relecture et les observateurs ne disposaient d'aucun renseignement clinique préalable.

Principe de la VFA

Chaque ostéodensitométrie était réalisée sur le même appareil Discovery A (S/N83097) du constructeur Hologic, obtenu en 2006. Cet équipement permet l'acquisition de données densitométriques par absorptiométrie biphotonique à rayons X sur les sites « rachis lombaire » et « hanches » et permet également de réaliser des mesures radiomorphométriques du rachis. En effet, son bras rotatif et son faisceau en éventail à déplacement linéaire permettent l'acquisition de clichés radiologiques de face et de profil du rachis thoracolumbaire, sans mobilisation du patient, installé en décubitus dorsal pendant toute la durée d'examen. Le temps d'acquisition est de 15 secondes pour une exposition supplémentaire aux rayons X évaluée à 30 microsieverts. Les clichés de profil permettent au maximum d'analyser les vertèbres de T4 à L4 sur lesquelles une analyse morphométrique est réalisée automatiquement par un logiciel d'acquisition (Hologic QDR Physician viewer). Pour cela, six points de mesure sont placés sur les plateaux vertébraux pour calculer la hauteur antérieure (Ha), moyenne (Hm) et postérieure (Hp) ainsi que les rapports de hauteur Ha/hp ; Hm/Hp et Hp/Ha de chaque vertèbre analysable. Une réduction de hauteur de plus de 20% définit la présence d'une fracture vertébrale, classée comme légère quand la réduction est de 20 à 25% (grade 1), modérée de 25 à 40% (grade 2), ou sévère quand plus de 40% de déformation (grade 3). Les déformations sont également caractérisées selon trois types : cunéiforme, biconcave ou écrasée en fonction des rapports de hauteurs précédents. Ces critères morphologiques sont basés sur ceux définis par la méthode semi-quantitative de Genant décrite en 1993 (⁸).

Pour l'étude, deux manipulateurs radiologiques réalisaient indépendamment en double aveugle les corrections de positionnement des points nécessaires pour améliorer la qualité des analyses en s'assurant de la bonne reconnaissance des contours vertébraux. Les vertèbres fracturées sur toute leur hauteur étant prise à défaut par les mesures morphométriques, celles-ci étaient renseignées comme sévères par chaque observateur. La qualité de l'examen était évaluée selon la qualité visuelle de l'image obtenue, la bonne visualisation des plateaux vertébraux et le nombre de vertèbres analysées. Les examens étaient décrits comme lisibles, difficilement lisibles (mauvaise qualité ou faible nombre de vertèbres visualisé) et illisible lorsqu'aucune vertèbre n'était analysable. Sur les clichés de face, la présence de modifications de courbure était mentionnée. Pour cela, la projection de l'épineuse de la vertèbre au sommet d'une éventuelle inflexion de courbure par rapport à la projection des pédicules latéraux déterminait la sévérité de la rotation : légère (dans la première moitié entre la ligne médiane et les pédicules latéraux), modérée (deuxième moitié) et sévère (aux delà des pédicules). Les données cliniques des patients (sexe, poids, taille, IMC, densité osseuse et T-score) étaient celles renseignées dans les comptes rendus d'examens de VFA.

Analyse des scanners

Les scanners du rachis avaient été réalisés préalablement à l'étude au centre d'imagerie Guilloz du CHRU de Nancy. L'acquisition était réalisée sur un scanner Toshiba Aquilion One, par acquisition volumique sur 16 centimètres obtenue par 320 détecteurs, selon un protocole dédié à l'exploration des fractures traumatiques ou tassements ostéoporotiques du rachis thoraco-lombaire. Ce protocole d'acquisition associait un scanner du rachis cervical (acquisition du manubrium sternal à la base du crâne) et un scanner du rachis thoraco-lombaire (acquisition de la 7^{ème} vertèbre cervicale à la troisième sacrée) permettant d'acquérir 80 coupes de 0.5 mm pour chaque segment, selon des filtres « mou » et « os ». Les reconstructions multi-planaires du rachis thoraco-lombaire (MPR : multiplanar reconstruction) en coupes sagittales et frontales se faisaient selon des épaisseurs de 1.6 mm et 1.5 mm respectivement.

Chaque scanner était relu pour l'étude par un radiologue expérimenté dans le domaine ostéo-articulaire. L'analyse initiale visuelle permettait d'identifier les vertèbres normales et fracturées et d'écarter les déformations non fracturaires comme les variantes anatomiques, les déformations arthrosiques ou encore les hernies intra-spongieuses. Chaque étape était validée par consensus avec un deuxième observateur. Chaque vertèbre fracturée était ensuite mesurée selon trois hauteurs sur les reconstructions sagittales (antérieure, au milieu et postérieure). Ces mesures étaient centrées sur la zone d'affaissement maximal. Elles permettaient d'appliquer les mêmes calculs de rapports de hauteur qu'en VFA et d'obtenir ainsi des données comparatives (⁹). De la même façon, les vertèbres fracturées sur l'ensemble du corps vertébral étaient mentionnées comme sévères.

Méthode statistique

Les comparaisons de données étaient réalisées selon une analyse par vertèbre et par patient. Pour l'analyse par patient, le grade considéré était celui de la vertèbre ayant le grade de sévérité le plus important. Une sélection des données permettait d'exclure les examens illisibles, les vertèbres non analysées et les vertèbres L5 qui étaient étudiées uniquement en scanner. La concordance « inter-observateurs » pour les VFA était évaluée par des tests kappa de Cohen sur les critères fractures, morphologies et grades. Les observateurs de VFA étaient nommés VFA 1 et VFA 2 pour l'étude.

La comparaison du scanner et de la VFA se faisait par concordance également (test statistique kappa par tableaux croisés de données). Les performances diagnostiques de la VFA étaient évaluées en prenant le scanner rachidien comme gold standard, en évaluant les paramètres intrinsèques de l'examen par calcul de la sensibilité, spécificité, VPP et VPN et de l'indice de Youden sur les données sélectionnées ou non. La recherche de facteurs de justesse du diagnostic était réalisée par étude de l'influence des paramètres cliniques et des hauteurs vertébrales. Enfin, des stratégies d'utilisation différentes étaient testées en mesurant de nouveau les paramètres intrinsèques selon les situations étudiées.

Résultats

Population

Un total de 974 patients avait bénéficié d'une VFA sur la période donnée dont 236 avaient un scanner du rachis appareillé dans les 3 mois. Sur les 236 patients inclus, 183 avaient un scanner archivé disponible pour relecture. Parmi les 183 patients, 24 d'entre eux avaient deux scanners du rachis appareillés avec la réalisation de deux VFA différents espacés dans le temps dans le cadre de leur suivi, permettant leur inclusion. Au total, 207 examens appareillés ont pu être exploités (figure 1 : flow chart). Le nombre de jours moyens séparant les deux examens était de 6.89 jours.

La population étudiée comportait 77.3% de femmes et 22.7% d'hommes. L'âge moyen était de 63.6 ans (minimum 25 ans, maximum 90 ans), l'IMC moyen était de 24.2 kg/m² et le T-score moyen au rachis était -1.8.

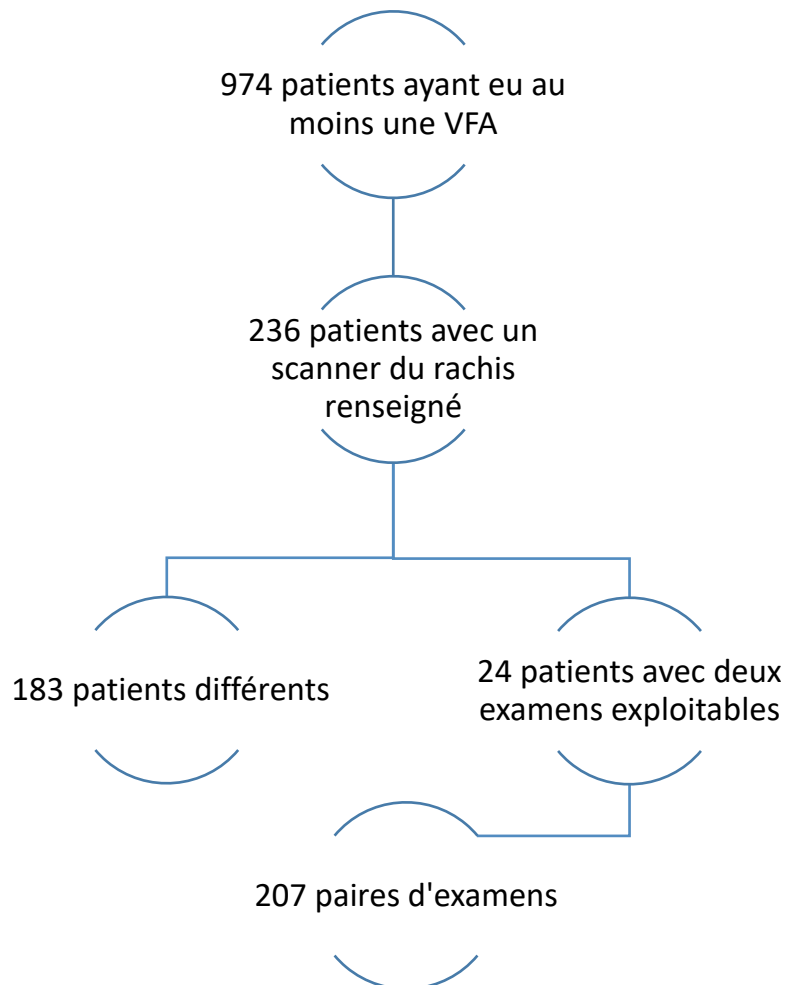


Figure 1 : Flow chart

Résultats radiologiques

Pour chaque scanner, la totalité des vertèbres était analysée de T4 à L5, soit 2898 vertèbres. En VFA, un maximum de 2691 vertèbres était potentiellement analysable (L5 exclue). Sur ces 2691 vertèbres 795 (29.54%) n'étaient pas analysables pour l'observateur 1 (VFA1) et 1281 (47.60%) pour l'observateur 2 (VFA2). Le nombre de fractures vues en scanner était de 674 dont 70 correspondaient à L5. En VFA, 247 fractures étaient identifiées pour VFA1 et 176 pour VFA2. Les proportions de fractures par rapport au nombre de vertèbres visibles étaient de 23.3% pour les scanners contre 13% et 12.5% respectivement pour VFA1 et 2. La répartition des fractures par étage vertébral est donnée dans la figure 2. Le nombre de vertèbres vues par étage vertébral en VFA est donné dans la figure 3

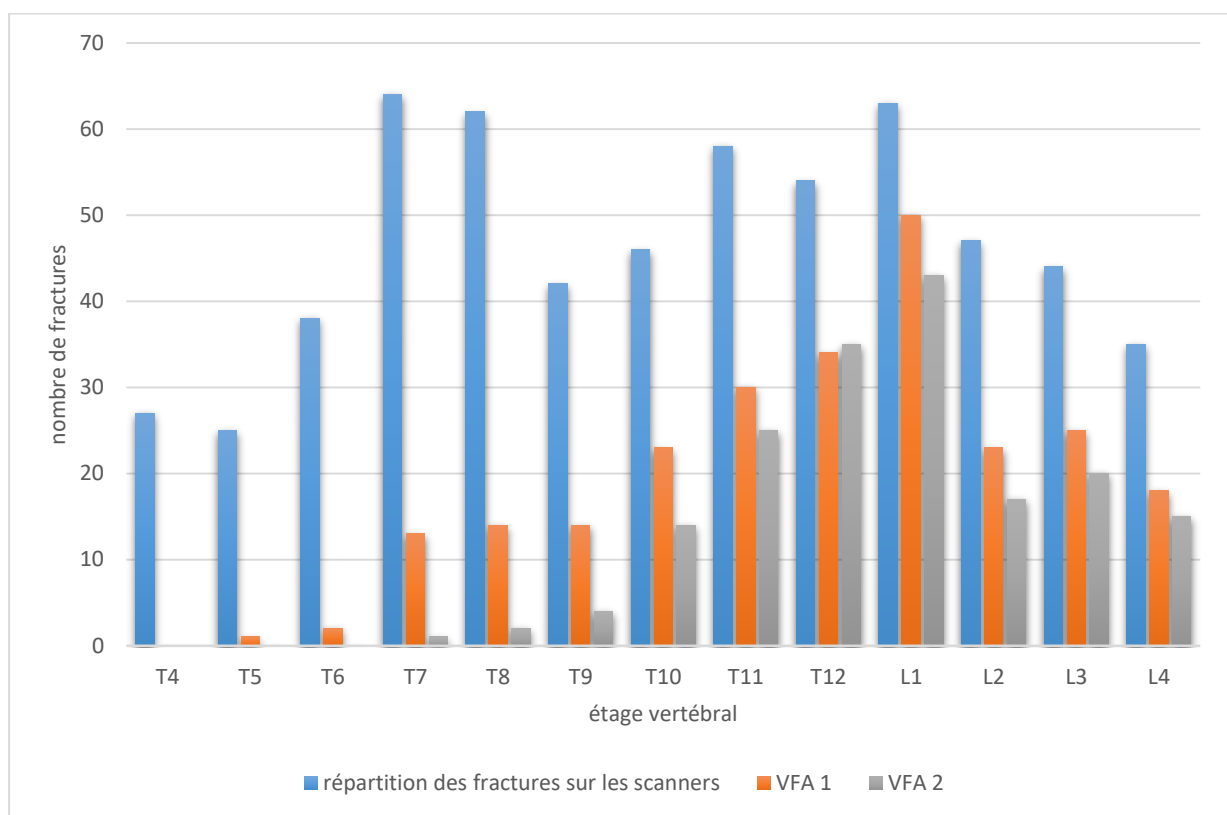


Figure 2 : répartition des fractures

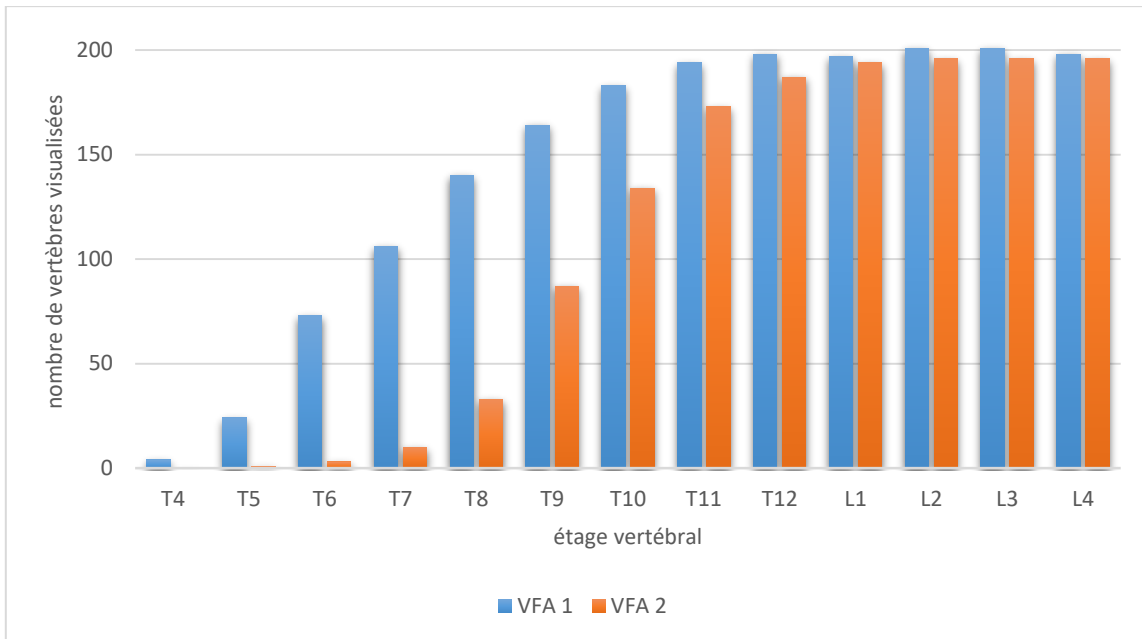


Figure 3 : nombre de vertèbres vues en VFA par étage vertébral

Les proportions morphologiques et celles des grades sont données dans le tableau 1 et représentées dans la figure 4.

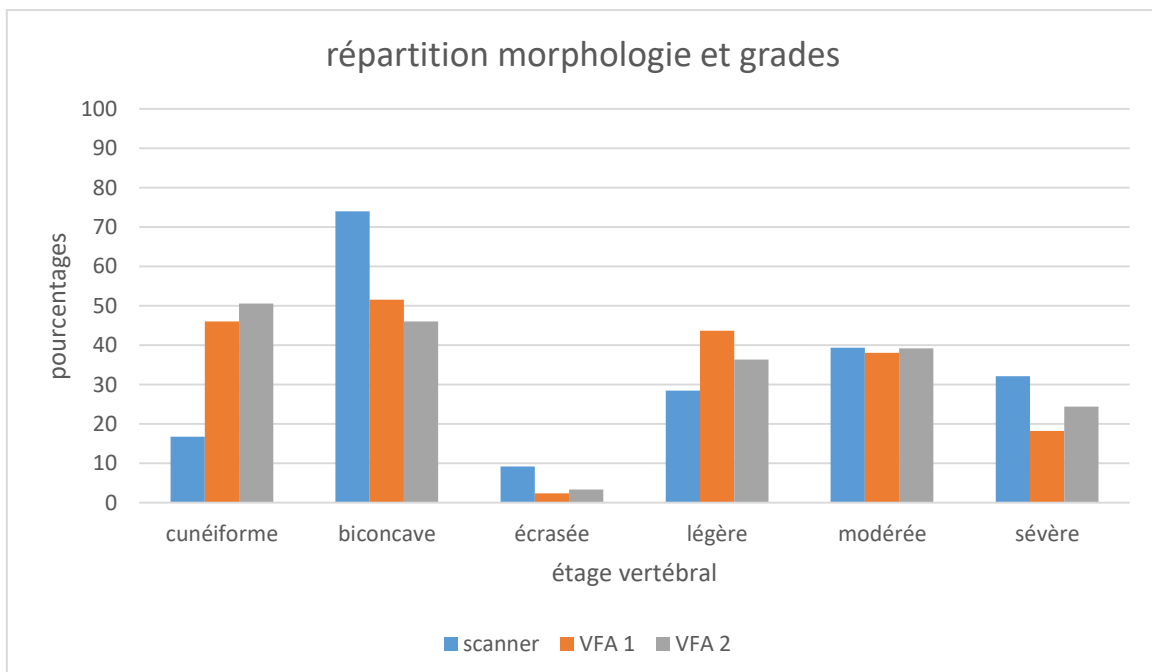


Figure 4 : répartition des fractures selon leur morphologie et grades

Tableau 1 : résultats radiologiques

	Scanner	VFA 1	VFA 2
Cunéiforme	16.8 %	46 %	50.6 %
Biconcave	74 %	51.6 %	46 %
écrasée	9.2 %	2.4 %	3.4 %
Légère	28.5 %	43.7 %	36.4 %
Modérée	39.4 %	38.1 %	39.2 %
sévère	32.1 %	18.2 %	24.4 %

Concordance inter-observateurs VFA

Le nombre de vertèbres visualisées médian était de 10 (écart interquartile =3) pour VFA 1 et de 7 (écart interquartile =2) pour VFA 2. La corrélation entre le nombre de vertèbres vues était de 0.58 selon le coefficient de corrélation sur les rangs Rho de Spearman. Pour les deux observateurs, le nombre de vertèbres visualisées dépendait de la lisibilité et du grade de sévérité des déformations rachidiennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0.0001$). Pour les deux observateurs les clichés illisibles correspondaient à ceux où les déformations rachidiennes étaient les plus sévères. L'âge, le poids, la taille et l'IMC n'influençaient pas le nombre de vertèbres visualisées.

La concordance « inter-observateurs » pour le diagnostic de fracture était de 0.64 (kappa de Cohen) pour l'analyse par vertèbre et de 0.54 pour l'analyse par patient sans sélection de données contre 0.67 et 0.65 avec sélection de données. La concordance morphologique était de 0.62 et de 0.61 pour les grades sans sélection de données pour l'analyse par vertèbre.

Concordance inter-observateurs scanner/VFA

La concordance entre le scanner et le VFA sur les fractures, leurs morphologies et leurs grades, était étudiée après sélection de données pour ne pas conclure à tort à une différence liée à L5 notamment et aux vertèbres non visualisées, considérées comme des erreurs. Concernant l'analyse par vertèbre, la concordance pour VFA 1 et 2 était respectivement pour les fractures de 0.53 et 0.52, pour la morphologie de 0.42 et 0.43 et enfin pour les grades de 0.35 et 0.39. Selon l'analyse par patient, la concordance pour VFA1 et 2 était de 0.57 pour les deux observateurs, et pour les grades de 0.37 et 0.39.

Paramètres intrinsèques

Les données sélectionnées étaient celles utilisées pour calculer les paramètres intrinsèques de la VFA en prenant le scanner du rachis comme référence (tableau 3) :

Tableau 2 : paramètres intrinsèques

	Par vertèbre		Par patient	
	VFA 1	VFA 2	VFA 1	VFA 2
Sensibilité	0.47	0.48	0.73	0.71
Spécificité	0.97	0.97	0.95	0.88
VPP	0.84	0.81	0.97	0.90
VPN	0.86	0.87	0.58	0.67
Indice de Youden	0.45	0.45	0.68	0.60

Facteurs de justesse du diagnostic

Les proportions de diagnostics justes (Vrai positifs) et de diagnostics faux (vertèbres non vues et faux positifs) en fonction du niveau vertébral sont représentées selon les courbes suivantes :

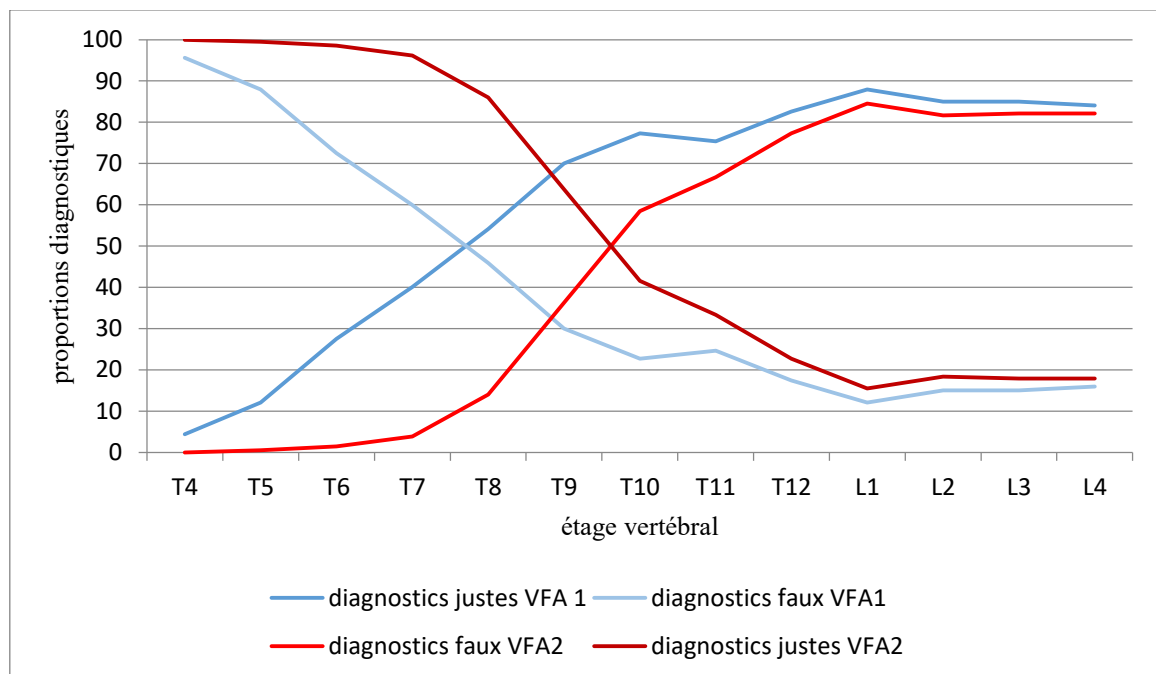


Figure 5 : proportions diagnostiques

Les performances du VFA devenaient satisfaisantes autour de T8 pour VFA 1 et T10 pour VFA 2 où les proportions de diagnostics justes dépassaient celles des diagnostics faux.

La recherche de facteurs de justesse selon le type de déformation retrouvait 69% et 67% de diagnostics faux (pour VFA1 et 2) pour les fractures biconcaves. La distinction entre les grades 1 et 2 représentait la principale erreur sur les grades avec 35% et 36% d'erreur sur les grades 1, 34% et 29% pour les grades 2, respectivement pour VFA1 et 2.

La recherche de facteurs de justesse sur les paramètres cliniques ne retrouvait pas d'influence du poids, ni de la taille, ni même de l'IMC.

Stratégies d'utilisation

Différentes stratégies étaient étudiées à partir des données de l'étude et des résultats précédents. La première stratégie testée correspondait à une situation de dépistage chez un patient naïf de tout examen d'imagerie, justifiant d'une ostéodensitométrie. La seconde situation correspondait à une utilisation de la VFA en première intention, qui serait complétée par un scanner du rachis dorso-lombaire uniquement en présence d'une fracture sur la VFA, pour confirmer celle-ci et en réaliser son bilan étiologique. Les paramètres intrinsèques du test sont donnés dans le tableau suivant selon les deux stratégies explorées :

Tableau 3 : stratégies diagnostiques

	Stratégie 1		Stratégie 2	
	VFA 1	VFA 2	VFA 1	VFA 2
Sensibilité	0.65 (0.57 ; 0.72)	0.54 (0.46 ; 0.62)	0.65 (0.57 ; 0.72)	0.54 (0.45 ; 0.62)
Spécificité	0.95 (0.84 ; 0.99)	0.9 (0.77 ; 0.97)	1 (0.88 ; 1)	1 (0.88 ; 1)
VPP	0.98 (0.94 ; 1)	0.96 (0.89 ; 0.99)	1 (0.95 ; 1)	1 (0.94 ; 1)
VPN	0.41 (0.31 ; 0.51)	0.33 (0.25 ; 0.43)	0.42 (0.32 ; 0.52)	0.36 (0.27 ; 0.45)
Indice de Youden	0.6 (0.41 ; 0.72)	0.44 (0.23 ; 0.59)	0.65 (0.45 ; 0.72)	0.54 (0.34 ; 0.62)

Pour des performances similaires, la stratégie d'utilisation 2 permettait de réaliser uniquement 109 scanners pour VFA 1 et 93 pour VFA 2.

Discussion

En radiologie conventionnelle, la bonne visualisation d'une structure est possible lorsque la projection de celle-ci se fait au maximum de manière perpendiculaire à l'incidence des rayons X. La projection bidimensionnelle de structures tridimensionnelles peut engendrer des difficultés dans la visualisation des plateaux vertébraux. En effet, les déformations dans le plan frontal d'une vertèbre ou celles d'un plateau vertébral peuvent ne pas être visualisées lorsque la projection moyenne de celles-ci est parallèle au faisceau projeté. La reconnaissance des fractures vertébrales est dépendante de nombreux facteurs techniques auxquels s'ajoute l'absence de critères diagnostiques consensuels et le manque de considération pour les fractures vertébrales (¹⁰).

Les limites techniques de la radiologie conventionnelle sont désormais supplantées par les techniques d'imageries actuelles par coupes, comme le scanner et l'imagerie par résonance magnétique. Bien que chaque technique possède des indications différentes selon les pathologies recherchées, le scanner reste un des examens de choix dans l'exploration des structures osseuses et articulaires. Sa précision et les possibilités de reconstructions multi-planaires, en particulier sagittales, en font un examen performant pour explorer les vertèbres dans toutes leurs dimensions et ainsi pour déterminer la présence d'un affaissement des plateaux vertébraux, qu'il soit central ou latéral. Il permet de visualiser l'endroit où la déformation est maximale en s'affranchissant des contraintes liées au positionnement des patients. Cette déformation maximale était celle retenue dans notre étude pour évaluer la précision de la VFA.

Concernant les études de validation de la VFA, celles-ci étaient réalisées par comparaison avec la radiographie conventionnelle (¹¹). Elles présentaient ainsi les limites liées aux considérations techniques évoquées précédemment. Par ailleurs, elles utilisaient comme critère de jugement principal l'analyse semi-quantitative de Genant (^{12,13}) considérée comme la plus pertinente pour les essais cliniques (¹⁴). La VFA utilisant toutefois une analyse morphométrique donnant des résultats quantitatifs (¹⁵), la comparaison des données dans ces études permettait d'évaluer essentiellement la capacité diagnostique de la VFA mais pas sa précision morphométrique sur laquelle elle est basée. Notre étude est la seule à notre connaissance comparant la VFA au scanner du rachis à partir d'examens appareillés, réalisés en pratique clinique, permettant ainsi d'évaluer la précision des mesures en VFA.

Tout d'abord, concernant les performances diagnostiques de la VFA pour établir le diagnostic de fracture vertébrale, notre étude retrouvait pour l'analyse par patient une sensibilité de 0.73 et 0.71 et une spécificité de 0.95 et 0.88 pour chaque observateur de VFA, discordante avec l'analyse par vertèbre, où la sensibilité était nettement inférieure à savoir 0.47 et 0.48 pour une spécificité de 0.97. Nous retrouvons plusieurs explications à cette différence.

La répartition des fractures sur les scanners correspondait à celle attendue en comparaison aux données épidémiologiques connues (^{16,17}) à savoir principalement en T7, T8 et T12, L1 dans une population à haut risque de fracture. Cette répartition n'était pas retrouvée en VFA du fait notamment d'une faible proportion de vertèbres non visualisées au-dessus de T8. Ces difficultés de visualisation des vertèbres aux étages thoraciques supérieurs étaient déjà

mentionnées dans les études de Chapurlat ⁽¹⁸⁾ et l'étude multicentrique de Fuerst ⁽¹⁹⁾. Pour VFA 1, 29.54% des vertèbres n'étaient pas analysables tout comme dans l'étude de Schousboe JT ⁽²⁰⁾, dans laquelle la présence d'une déformation rachidienne était le facteur principal influençant la qualité de l'analyse par VFA et le nombre de vertèbres visualisées. De manière similaire, la recherche de facteurs de justesse du diagnostic dans notre étude confirmait l'influence du niveau vertébral. Nous ne retrouvons pas, par contre, d'influence des paramètres cliniques des patients. On retrouvait des proportions de diagnostics justes supérieures à celles des diagnostics faux seulement à partir de T8 pour VFA 1 et T10 pour VFA 2. Des différences significatives entre les deux observateurs de VFA étaient retrouvées à savoir que pour VFA 2, 47.6% des vertèbres n'étaient pas visualisées. Cette différence venait en partie de la nécessité pour chaque observateur de repositionner les points lors des analyses de VFA, engendrant une part de subjectivité représentant la principale limite du logiciel d'acquisition, comme évalué dans l'étude de Bazzocchi A et al ⁽²¹⁾.

Par ailleurs, des difficultés dans la reconnaissance de la sévérité des fractures étaient déjà mentionnées ⁽²²⁾ notamment pour les grades 1 où le seuil de 20 à 25% de déformation représentait la principale source d'erreur. Nous retrouvons les mêmes difficultés, à savoir que la VFA identifiait préférentiellement les fractures selon un grade 1 de sévérité, à hauteur de 43,7% pour VFA 1 et 36.4% pour VFA 2 contre seulement 28.5 % en scanner. Ceci reflète une tendance à la sous-estimation de la sévérité des fractures en morphométrie par VFA qui peut avoir comme conséquence de considérer à tort une vertèbre comme normale et donc de modifier l'issue diagnostique. Nous notons également une sous-estimation des fractures sévères de grade 3 retrouvées seulement dans 18.2 et 24.4% en VFA contre 32.1% en scanner; ainsi qu'une mauvaise reconnaissance des fractures biconcaves classées préférentiellement en fractures cunéiformes en VFA alors que 74% des fractures visualisées en scanner retrouvaient leur déformation au centre de la vertèbre et étaient classées biconcaves. La recherche de facteurs de justesse du diagnostic confirmait que les erreurs diagnostiques étaient principalement sur les grades 1 (35-36%) et la forme biconcave (67-69%). Ces résultats étaient appuyés par les tests kappa de concordance qui retrouvaient des accords moyens, que ce soit sur les critères morphologiques ou sur les grades entre le scanner et la VFA mais aussi entre les deux observateurs de VFA. En effet, la concordance kappa entre les VFA était inférieure à 0.60 sur ces deux critères alors que l'examen était le même, mais relu de manière indépendante deux fois.

La reproductibilité de l'examen apparaissait comme satisfaisante en revanche, concernant la recherche de fracture notamment au vu des tests de concordance kappa évalués à 0.65 et 0.67 selon l'analyse par patient et par vertèbre. Ces résultats appuyaient ceux de l'étude de Rud B ⁽²³⁾ qui suggérait la possibilité que les rapports morphométriques soient générés par des manipulateurs radiologiques de manière reproductible et fiable. L'impact d'éventuelles difficultés qu'auraient les manipulateurs pour distinguer une diminution de hauteur liées à des déformations non fracturaires et celles liées aux vraies fractures ostéoporotiques ^(24, 25) semble minime au vu de la bonne spécificité de l'examen, variant de 0.88 à 0.97, associée à une VPP variant de 0.81 à 0.97 selon le type d'analyse et l'observateur.

Il apparaissait donc des discordances entre les résultats morphométriques des deux examens suggérant que la VFA soit relativement imprécise. L'intérêt principal de la VFA réside toutefois dans sa facilité de réalisation, son accessibilité, son faible coût⁽²⁶⁾ ainsi que la faible irradiation engendrée qui est de l'ordre de 0,013 mSv pour l'exploration d'un rachis adulte contre 1,5 à 3 mSv pour une étude scanographique quantitative du rachis (Quantitative computed tomography) et 3 mSv pour un scanner multi-barrettes haute résolution pour évaluation de la structure osseuse (HR MDCT)⁽²⁷⁾. L'utilisation de faibles doses de radiations engendre nécessairement une moins bonne qualité d'imagerie et une plus grande difficulté de visualisation des contours osseux, menant ainsi à des erreurs d'évaluation du statut vertébral, qui peut expliquer en partie les résultats retrouvés. Toutefois, notre étude s'étendant sur une période de 10 ans, de nombreuses améliorations techniques ont été apportées à d'autres appareils de densitométrie permettant une amélioration de la qualité des images obtenues et donc de leurs performances. Une étude de 2012 portant sur les performances de l'appareil iDXA du constructeur Lunar rapportait une visualisation de 98.4% des vertèbres⁽²⁸⁾ et 93% pour une étude utilisant les modèles récents hologic discovery A⁽²⁹⁾.

A ce jour, la place de la VFA reste encore débattue dans la stratégie diagnostique des fractures vertébrales. D'autres études que la nôtre rapportent des performances inférieures à celles démontrées jusqu'à maintenant, comme récemment en 2016 où la VFA était considérée comme inférieure pour le diagnostic de fractures vertébrales par rapport à la radiologie conventionnelle dans une population atteinte d'ostéoporose sévère⁽³⁰⁾. L'hétérogénéité des études et notamment des populations étudiées rend difficile la comparaison de leurs résultats. La variabilité des résultats ne permet pas d'établir la place de la VFA dans la stratégie diagnostique des fractures vertébrales. Une méta-analyse récente⁽³¹⁾ sur les études comparant la VFA à la radiologie conventionnelle, comprenant 9 études avec analyse par vertèbre et 10 études avec analyse par patient, retrouvait une sensibilité variable de 0.70 à 0.93 et une spécificité de 0.95 à 1 pour les analyses par vertèbre et une sensibilité de 0.65 à 1 et une spécificité de 0.74 à 1 pour les analyses par patient. Cette variabilité était confirmée par une seconde méta-analyse⁽³²⁾ qui mettait surtout en évidence de meilleures performances sur les fractures de grade 2 et 3.

Actuellement, il a été évalué qu'un quart des fractures vertébrales ne sont pas diagnostiquées en pratique courante selon Fechtenbaum et al⁽³³⁾ et ce, dans toutes les régions du monde⁽³⁴⁾. Dans cette optique, des travaux de sensibilisation ont été réalisés auprès des radiologues afin de renseigner ces fractures sur les comptes rendus d'examens⁽³⁵⁾ y compris sur des examens non dédiés⁽³⁶⁾ afin d'améliorer le diagnostic et sensibiliser sur la sévérité de ces fractures. Les recommandations de prise en charge de l'ostéoporose post-ménopausique en France sont articulées autour du concept de fractures dites sévères. Les fractures vertébrales ont été identifiées comme sévères du fait de l'excès de morbi-mortalité constaté au décours⁽³⁷⁾. Les recommandations françaises établies sous l'égide du GRIIO (groupe recherche et d'information sur les ostéoporoses) en 2012⁽³⁸⁾ et actualisées en 2016/2017⁽³⁹⁾ justifient d'introduire un traitement spécifique de l'ostéoporose en présence d'une fracture sévère. Avec l'apport de nouvelles thérapeutiques dans le traitement de l'ostéoporose, le non diagnostic de fracture vertébrale peut être considéré comme une perte de chance pour le patient et une

attention particulière est désormais portée quant à la détection de fractures vertébrales asymptomatiques. En 2015, un accord professionnel émanant de la société savante internationale de densitométrie (ISCD) recommandait l'utilisation de la VFA au même titre que la radiographie conventionnelle pour évaluer la morphologie vertébrale dans le cadre du diagnostic de fracture vertébrale ostéoporotique ⁽⁴⁰⁾. Il était recommandé que ce diagnostic soit basé sur l'utilisation d'une analyse visuelle associée à une estimation de la sévérité des fractures, selon des grades pouvant être confortés par l'analyse morphométrique, l'utilisation de la morphométrie seule n'étant pas recommandée. Nos résultats concordent dans ce sens. Toutefois, l'utilisation de la VFA doit être considérée comme une opportunité supplémentaire de prise en charge spécifique. En effet, une évaluation morphologique est indiquée en cas de rachialgies, de perte de taille significative, d'antécédents de fracture vertébrale ou de pathologie inductrice d'ostéoporose. Mais dans ces situations cliniques, les patients bénéficient souvent déjà d'examens complémentaires dont la précision est supérieure à celle de la VFA. La VFA trouve son intérêt chez tout patient subissant un examen d'ostéodensitométrie, car elle permet d'apporter une information capitale sur le statut ostéoporotique du patient, en association à la mesure de la densitométrie osseuse ^(41,42). Dans le cas d'un premier examen, elle peut directement amener à détecter une fracture asymptomatique, alors que pour un deuxième examen, elle peut permettre de détecter une nouvelle fracture qui ferait discuter une modification du traitement de fond.

Le manque de précision morphométrique et la perte d'information lors de son utilisation en pratique clinique ne permettent pas d'envisager la VFA comme un examen de dépistage. Les différentes stratégies de dépistage testées dans notre étude montraient que la VFA permettrait une réduction du nombre d'indications d'imageries complémentaires, mais présenterait une trop faible VPN (de 0.33 à 0.42) avec un indice de Youden variant de 0.44 à 0.65, allant à l'encontre du concept d'opportunité de traitement mis en avant précédemment. De plus, son utilisation ne peut pas être envisagée comme un examen de suivi à part entière car elle ne permettrait pas de détecter l'aggravation d'une fracture existante ou pourrait ne pas visualiser une nouvelle fracture apparue dans un étage thoracique haut par exemple.

Conclusion

La VFA apparaît donc dans le contexte actuel et au vu de nos résultats comme un examen pertinent surtout qualitativement et non quantitativement. En effet, malgré ses limites techniques, elle permet d'apporter des informations majeures en détectant une ou plusieurs fractures vertébrales. Pour cela la VFA est surtout performante pour le rachis thoracique inférieur et le rachis lombaire. Son association avec la mesure de la densité osseuse permet de combiner plusieurs informations utiles à l'évaluation du statut ostéoporotique des patients. Ses indications de réalisation devraient être élargies au plus grand nombre au vu de l'opportunité de traitement pouvant découler de son utilisation. Elle ne peut en revanche pas être utilisée comme un examen de dépistage ni comme un examen de suivi.

Bibliographie

- ¹ Black DM, Arden NK, Palermo L, Pearson J, Cummings SR. Prevalent vertebral deformities predict hip fractures and new vertebral deformities but not wrist fractures. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *J Bone Miner Res* 1999 ; 14(5): 821–828.
- ² Adachi JD, Loannidis G, Berger C, Joseph L, Papaioannou A, Pickard L et al. The influence of osteoporotic fractures on health-related quality of life in community-dwelling men and women across Canada. *Osteoporos Int* 2001 ; 12(11): 903–908.
- ³ Jalava T, Sarna S, Pylkkänen L, Mawer B, Kanis JA, Selby P et al. Association between vertebral fracture and increased mortality in osteoporotic patients. *J Bone Miner Res* 2003 ; 18(7): 1254–60.
- ⁴ Hasserijs R, Karlsson MK, Nilsson BE, Redlund-Johnell I, Johnell O for the European Vertebral Osteoporosis Study. Prevalent vertebral deformities predict increased mortality and increased fracture rate in both men and women : A 10-year population based study of 598 individuals from the Swedish cohort in the European Vertebral Osteoporosis Study. *Osteoporos Int* 2003 ; 14(1) : 61-8.
- ⁵ Fink HA, Milavetz DL, Palermo L, Nevitt MC, Cauley JA, Genant HK et al. Proportion of incident radiographic vertebral deformities is clinically diagnosed and vice versa ? *J bone miner Res* 2005; 20(7) : 1216-22.
- ⁶ Gehlbach SH, Bigelow C, Heimisdottir M, May S, Walker M, Kirkwood JR. Recognition of vertebral fracture in a clinical setting. *Osteoporos Int* 2000 ; 11(7): 577–82.
- ⁷ Schousboe JT, Vokes T, Broy SB, Ferrar L, McKiernan F, Roux C et al. Vertebral fracture assessment: the 2007 ISCD official positions. *J Clin Densitom.* 2008; 11(1): 92-108.
- ⁸ Genant HK, Wu CY, Van Kuijk C, Nevitt M. Vertebral fracture assessment using a SQ technique. *J Bone Miner Res* 1993; 8(9): 1137–48.
- ⁹ Chou SH, Vokes T. Vertebral Morphometry. *J Clin Densitom.* 2016 Jan-Mar;19(1):48-53
- ¹⁰ Oei L, Rivadeneira F, Ly F, Breda SJ, Zillikens MC, Hofman A et al. Review of radiological scoring methods of osteoporotic vertebral fractures for clinical and research settings *Eur Radiol.* 2013; 23(2) :476-86.
- ¹¹ Domiciano DS, Figueiredo CP, Lopes JB, Kuroishi ME, Takayama L, Caparbo VF et al. Vertebral fracture assessment by dual X-ray absorptiometry: A valid tool to detect vertebral fractures in community-dwelling older adults in a population-based survey. *Arthritis Care Res* 2013; 65(5):809-15.

-
- ¹² Hospers IC, van der Laan JG, Zeebregts CJ, Nieboer P, Wolffenbuttel BH, Dierckx RA et al. Vertebral fracture assessment in supine position: comparison by using conventional semiquantitative radiography and visual radiography. *Radiology*. 2009; 251(3): 822-8.
- ¹³ Diacinti D, Guglielmi G, Pisani D, Diacinti D, Argirò R, Serafini C et al. Vertebral morphometry by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for osteoporotic vertebral fractures assessment (VFA). *Radiol Med*. 2012; 117(8): 1374-85.
- ¹⁴ Oei L, Rivadeneira F, Ly F, Breda SJ, Zillikens MC, Hofman A et al. Review of radiological scoring methods of osteoporotic vertebral fractures for clinical and research settings. *Eur Radiol* 23(2):476-86.
- ¹⁵ Mori S, Soen S, Hagino H, Nakano T, Ito M, Fujiwara S et al. Justification criteria for vertebral fractures : year 2012 revision. *J Bone Miner Metab* 2013 ; 31(3) : 258-61.
- ¹⁶ Ismail AA, Cooper C, Felsenberg D, Varlow J, Kanis JA, Silman AJ et al. Number and type of vertebral deformities: epidemiological characteristics and relation to back pain and height loss. European Vertebral Osteoporosis Study Group. *Osteoporos Int*. 1999; 9(3): 206-13.
- ¹⁷ Jacobs-Kosmin D, Sandorfi N, Murray H, Abruzzo JL. Vertebral deformities identified by vertebral fracture assessment: associations with clinical characteristics and bone mineral density. *J Clin Densitom* 2005 ; 8(3): 267–272.
- ¹⁸ Chapurlat RD, Duboeuf F, Marion-Audibert HO, Kalpakçioğlu B, Mitlak BH, Delmas PD. Effectiveness of instant vertebral assessment to detect prevalent vertebral fracture. *Osteoporos Int*. 2006; 17(8): 1189-95.
- ¹⁹ Fuerst T, Wu C, Genant HK, von Ingersleben G, Chen Y, Johnston C et al. Evaluation of vertebral fracture assessment by dual X-ray absorptiometry in a multicenter setting. *Osteoporos Int*. 2009; 20(7): 1199-205.
- ²⁰ Schousboe JT, Debold CR. Reliability and accuracy of vertebral fracture assessment with densitometry compared to radiography in clinical practice. *Osteoporos Int* 2006 ; 17(2): 281–289.
- ²¹ Bazzocchi A, Diano D, Battista G, Albisinni U, Rossi C, Guglielmi G. New dual-energy X-ray absorptiometry in the assessment of vertebral fractures : technical limits and software accuracy. *Skeletal Radiol*. 2012 ; 41(7): 823-9.
- ²² Pavlov L, Gamble GD, Reid IR. Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry and conventional radiography for the detection of vertebral fractures. *J Clin Densitom* 2005; 8(4): 379-85.

-
- ²³ Rud B, Vestergaard A, Hyldstrup L. Accuracy of densitometric vertebral fracture assessment when performed by DXA technicians-a cross sectional, multiobserver study. *Osteoporos Int* 2016 ; 27(4): 1451-8.
- ²⁴ Kleerekoper M, Nelson DA. Vertebral fracture or vertebral deformity. *Calcif Tissue Int* 1992 ; 50(1): 5–6.
- ²⁵ Ferrar L, Jiang G, Ambrecht G, Reid DM, Roux C, Gluer CC, et al. Is short vertebral height always an osteoporotic fracture? The Osteoporosis and Ultrasound Study (OPUS). *Bone* 2007; 41(1): 5–12.
- ²⁶ Van Brussel MS, Lems WF. Clinical relevance of diagnosing vertebral fractures by vertebral fracture assessment. *Curr Osteoporos Rep* 2009 ; 7(3): 103–106.
- ²⁷ Damilakis J, Adams JE, Guglielmi G, Link TM. Radiation exposure in X-ray-based imaging techniques used in osteoporosis. *Eur Radiol* 2010 ; 20(11) : 2707-2714.
- ²⁸ Diacinti D, Del Fiacco R, Pisani D, Todde F, Cattaruzza MS, Diacinti D et al. Diagnostic performance of vertebral fracture assessment by the lunar iDXA scanner compared to conventional radiography. *Calcif Tissue Int.* 2012 ; 91(5): 335-42.
- ²⁹ Jager PL, Jonkman S, Koolhaas W, Stiekema A, Wolffenbuttel BH, Slart RH (2011) Combined vertebral fracture assessment and bone mineral density measurement: a new standard in the diagnosis of osteoporosis in academic populations. *Osteoporos Int* 2011 ; 22(4): 1059–1068
- ³⁰ Deleskog L, Laursen N, Nielsen BR, Schwarz P. Vertebral fracture assessment by DXA is inferior to X-ray in clinical severe osteoporosis. *Osteoporos Int.* 2016 ; 27(7): 2317-2326.
- ³¹ Lee JH, Lee YK, Oh SH, Ahn J, Lee YE, Pyo JH, et al. A systematic review of diagnostic accuracy of vertebral fracture assessment (VFA) in postmenopausal women and elderly men. *Osteoporos Int* 2016 ; 27(5): 1691–1699.
- ³² Malgo F, Hamdy NAT, Ticheler CHJM, Smit F, Kroon HM, Rabelink TJ Value and potential limitations of vertebral fracture assessment (VFA) compared to conventional spine radiography: experience from a fracture liaison service (FLS) and a meta-analysis. *Osteoporos Int.* 2017; 28(10): 2955-2965.
- ³³ Fechtenbaum J, Cropet C, Kolta S, Verdoncq B, Orcel P, Roux C. Reporting of vertebral fractures on spine X-rays. *Osteoporos Int.* 2005 Dec;16(12):1823-6.

-
- ³⁴ Delmas PD, Van de Langerijt L, Watts NB, Eastell R, Genant H, Grauer A, et al. Underdiagnosis of Vertebral Fractures Is a Worldwide Problem: The IMPACT Study. *J Bone Miner Res* 2005; 20(4): 557–563.
- ³⁵ Link TM, Guglielmi G, Van Kuijk C, Adams JE. Radiologic assessment of osteoporotic vertebral fractures : diagnostic and prognostic implications. *Eur Radiol* 2005 ; 15(8) : 1521-32.
- ³⁶ Samelson EJ, Christiansen BA, Demissie S, Broe KE, Zhou Y, Meng CA. Reliability of vertebral fracture assessment using multidetector CT lateral scout views: the Framingham Osteoporosis Study. *Osteoporos Int.* 2011 ; 22(4): 1123-31.
- ³⁷ Melton LJ , Achenbach SJ, Atkinson EJ, Therneau TM, Amin S. Long-term mortality following fractures at different skeletal sites : a population-based cohort study. *Osteoporos Int.* 2013 ; 24(5): 1689-96.
- ³⁸ Briot K, Cortet B, Thomas T, Roux C, et al. Actualisation 2012 des recommandations françaises du traitement médicamenteux de l'ostéoporose post-ménopausique. *Revue du rhumatisme* 2012 ; 79(3): 264-274.
- ³⁹ Groupe de recherche et d'informations sur les ostéoporoses, diaporama des recommandations (consulté le 02/03/2018, dernière mise à jour en 2017). <http://www.grio.org/documents/page240/recommandations-opm-grio-2016-2017.pdf>
- ⁴⁰ International society for clinical densitometry (consulté le 02/03/2018, dernière mise à jour le 18 juin 2015). <http://www.iscd.org/official-positions/2015-iscd-official-positions-adult/>
- ⁴¹ Roux C, Baron G, Audran M, Breuil V, Chapurlat R, Cortet B, et al Influence of Vertebral fracture assessment by dual-energy X-ray absorptiometry on decision-making in osteoporosis : a structured vignette survey. *Rheumatology* 2011 ; 50(12): 2264-9.
- ⁴² Jager PL, Jonkman S, Koolhaas W, Stiekema A, Wolffenbuttel BH, Slart RH. Combined vertebral fracture assessment and bone mineral density measurement : a new standard in the diagnosis of osteoporosis in academic populations. *Osteoporos Int.* 2011 ; 22(4): 1059-68.

Partie 2 : données complémentaires

Table des matières

Définitions et épidémiologie	40
Analyse des VFA	42
Détail de la procédure d'acquisition des VFA	42
Définition d'une fracture vertébrale en VFA	46
Stratégie de comparaison de données.....	47
Détail de la méthode statistique	49
Résultats non inclus dans l'étude	50

Définitions et épidémiologie

L'ostéoporose est une maladie diffuse du squelette entraînant une diminution de la résistance du squelette, ayant pour conséquence un risque accru de fracture. Une estimation de cette fragilité peut être obtenue en évaluant la densité minérale osseuse (DMO).

La technique de référence pour mesurer cette DMO est l'ostéodensitométrie par absorptiométrie biphotonique à Rayons-X (DXA) qui permet une mesure en deux sites : au niveau du rachis lombaire et à l'extrémité supérieure du fémur (col ou fémur total). Les résultats sont exprimés en grammes par centimètres carrés (g/cm²) et sont interprétés le plus fréquemment en T-score. Le T-score correspond à la différence entre la densité mesurée chez l'individu et celle issue d'une base théorique de jeunes femmes au même site osseux. Il s'exprime en unités d'écart-type. Il s'agit d'un examen remboursé sous conditions depuis le 1^{er} juillet 2006 dont le détail est listé en annexe.

La définition de l'ostéoporose retenue par l'organisation mondiale de la santé ⁽¹⁾ se base sur la mesure du T-score, qui lorsqu'il est inférieur à -2.5, établit le diagnostic d'ostéoporose, en l'absence de pathologie osseuse associée. La seule mesure du T-score ne permet pas à lui seul de prendre une décision thérapeutique chez un patient sans antécédent de fracture. D'autres facteurs doivent être pris en compte, notamment le risque de chute.

Toutefois, les recommandations actuelles sur la prise en charge de l'ostéoporose en France ⁽²⁾ établies sous l'égide du GRIO avec la participation de 22 sociétés savantes, mettent en avant le concept de fracture sévère autour duquel s'articule la prise en charge de cette pathologie.

Il est établi que tous les os peuvent être le siège d'une fracture ostéoporotique en dehors du crâne, de la face, du rachis cervical et des trois premières vertèbres thoraciques, des os de la main et des pieds (ou les traumatismes directs sont le plus souvent à l'origine de la fracture). La survenue de ces fractures doit se faire dans un contexte de faible énergie équivalente à celle d'une chute de sa hauteur pour pouvoir supposer de leur origine ostéoporotique. Parmi celles-ci, certaines sont considérées comme sévères du fait de leur association avec une augmentation significative de la morbi-mortalité ⁽³⁾.

Elles correspondent aux fractures suivantes :

- extrémité supérieure du fémur
- vertèbre rachis thoracique (à partir de la 4^{ème} vertèbre) et rachis lombaire
- extrémité supérieure de l'humérus
- pelvis
- fémur distal
- trois côtes simultanées

- tibia proximal

Le facteur de risque le plus important de nouvelle fracture ostéoporotique est l'antécédent personnel de fracture, y compris de fractures vertébrales ⁽⁴⁾. La constatation d'une de ces fractures sévères modifie radicalement la prise en charge des patients car elle justifie d'introduire d'emblée un traitement anti-ostéoporotique (accord professionnel) et ce, quelle que soit la valeur du T-score. La mesure de la densité osseuse dans ce cas apporte des arguments supplémentaires en faveur d'une fragilité osseuse, mais ne modifie pas la prise en charge.

Les fractures vertébrales occupent une place particulière du fait de leur caractère souvent asymptomatique ainsi que par l'absence fréquente de facteur déclenchant retrouvé. Par ailleurs, les douleurs rachidiennes sont souvent confondues avec des douleurs d'origine arthrosiques, dites communes, n'aboutissant pas forcément à la réalisation de radiographies. Pour autant, elles restent reconnues comme un facteur de risque de survenue de fractures incidentes jusqu'à 15 ans après ⁽⁵⁾. La constatation de plusieurs fractures vertébrales (au moins 2) permet en outre d'engager un traitement, indiqué uniquement dans cette situation, à savoir le Tériparatide qui est un dérivé de la parathormone, dont l'administration à faibles doses quotidiennes engendre une puissante ostéo-formation, particulièrement active et intéressante sur le rachis.

Ainsi, le diagnostic de fracture vertébrale représente un enjeu majeur pour le patient devant l'opportunité de traitement sur laquelle il peut aboutir, mais représente également un enjeu de santé publique du fait de la morbidité et de la mortalité associées.

Le gold standard pour évaluer la présence d'une fracture vertébrale reste la radiographie standard, mais il a été développé un outil diagnostique appelé communément « Vertebral fracture assessment » dont l'utilité et les performances diagnostiques faisaient l'objet de notre travail.

Les indications de cet examen retenues jusque maintenant, selon l'avis de la société savante internationale de densitométrie (ISCD) émis en 2015, répondaient à des critères bien définis.

Pour un patient donné, le T-score doit être inférieur à -1.0 sur au moins un site pour justifier de l'examen. La population concernée doit correspondre aux femmes de plus de 70 ans ou aux hommes de plus de 80 ans. La perte de taille de plus de 4 centimètres par rapport à la taille historique est considérée comme une indication d'imagerie par VFA, tout comme un antécédent allégué de fracture vertébrale non documentée et la prise d'une corticothérapie prolongée (plus de 5 milligrammes de prednisone pendant plus de 3 mois).

Concernant l'utilisation de la VFA, il est recommandé que le diagnostic de fracture soit basé sur l'utilisation d'une analyse visuelle et que celui-ci estime la sévérité des fractures visualisées selon des grades pouvant être confirmés par la morphométrie fournie par le logiciel d'acquisition. Il n'est pas recommandé d'utiliser la morphométrie seule. L'analyse semi-quantitative de Genant est définie comme la technique privilégiée pour le diagnostic de fracture sur un cliché de VFA.

Enfin, il est recommandé de réaliser une imagerie au décours d'une VFA lorsqu'il existe au moins deux fractures de grade 1 sur les clichés latéraux, en l'absence de fracture plus sévère (grades 2 et 3) ; s'il existe des vertèbres non visibles de T7 à L4 (L5 exclu) ou en présence d'un caractère atypique justifiant d'explorer plus précisément une ou plusieurs vertèbres (lésions suspectes, lyses des corticales, déformations vertébrales chez un patient aux antécédents de néoplasie, etc...)

Analyse des VFA

Détail de la procédure d'acquisition des VFA

Les VFA concernées par l'étude étaient réalisées sur l'appareil d'ostéodensitométrie de la marque Hologic, modèle discovery, disponible depuis 2006 dans le service d'endocrinologie. Le service dispose de deux manipulateurs radiologiques dédiés à la réalisation des ostéodensitométries et des VFA. Chaque observateur (correspondant à VFA 1 et VFA 2 dans l'article) a bénéficié dès l'obtention de l'appareil d'une formation pour l'utilisation du logiciel d'acquisition des VFA. Ils réalisent l'ensemble des examens du service depuis.

Pour la réalisation d'une VFA, les patients sont placés sur la table d'examen de l'ostéodensitomètre en décubitus dorsal, les jambes relevées par un coussin de forme fixe et standardisée pour permettre la délordose du rachis lombaire. Une fois l'ostéodensitométrie réalisée au niveau du rachis lombaire et des hanches, le patient reste en position allongée et les manipulateurs réalisent l'acquisition de la VFA sans mobiliser le patient grâce au bras rotatif de l'appareil permettant l'acquisition des clichés latéraux. La procédure dure environ 5 minutes supplémentaires par rapport à une ostéodensitométrie standard.

L'examen de VFA consiste en l'obtention de deux clichés radiographiques du rachis dorso-lombaire. Le premier de face permet la visualisation de la statique rachidienne et donc d'une éventuelle déformation rachidienne, attitude scoliotique ou scoliose vraie. Il permet également de déterminer la présence d'éléments orientant vers une cause de fracture secondaire (lyse pédiculaire, rupture corticale, etc...). Le deuxième cliché, de profil, permet la réalisation d'une analyse morphométrique automatisée des vertèbres pour déterminer la présence d'une éventuelle fracture. Pour cela, le logiciel d'acquisition place, selon un algorithme de reconnaissance de densités, six points de mesure (trois par plateau vertébral supérieur et inférieur) pour chaque vertèbre individualisable dans le but de mesurer trois hauteurs différentes : antérieure, au milieu et postérieure. A partir de ces points et hauteurs sont calculés des pourcentages de déformation en comparant les hauteurs les unes aux autres pour chaque vertèbre et pour permettre ainsi de déterminer la présence d'une fracture.

En pratique, les patients sont pris en charge par les deux manipulateurs pour réaliser l'ensemble de la procédure d'examen pour aboutir à la création d'un compte-rendu d'examen automatisé fourni au médecin prescripteur de l'examen. Ils interviennent sur le positionnement des patients sur la table d'examen et garantissent la précision de l'acquisition

en modifiant le positionnement automatique des curseurs de sélection mis par le logiciel d'analyse. Ils apportent des corrections de placement lors des erreurs de reconnaissance des contours osseux (limitation des biais de mesure). Ils apportent également un élément de correction majeur, à savoir que lorsqu'une vertèbre présente une diminution de ses 3 hauteurs simultanément, les rapports de hauteurs apparaissent normaux malgré la présence d'une fracture sévère. C'est le cas des fractures dites en galette qui dans ce cas, malgré la normalité de la morphométrie, sont renseignées comme fracturées et de grade 3.

Un exemple de compte-rendu définitif est présenté en image 1 et 2.

Service Endocrinologie
 Pour la Qualité de l'Os en Lorraine
 CHU Nancy-Brabois, Vandoeuvre les Nancy 54500

Téléphone : 03.83.15.34.44

E-mail: densito@chu-nancy.fr

Télécopie: 03.83.15.34.40

Nom :	Sexe :	Taille :
ID patient :	Groupe ethnique :	Poids :
DDN :	Age de ménopause :	Âge :

Médecin traitant :



Information d'examen :

Date de l'examen :
 Type de l'examen: a SE AP Image
 Analyse:
 Opérateur: VD
 Modèle: Discovery A (S/N83097)
 Commentaire :

l'Evaluation Vertébrale

Étiquet	Hauteur (mm)			Pourcentage de déformation		
	Post	Mid	Ant	Wedge	Biconcave	Ecrasem
	Déformation (degré)					
Std Dev	1.0	1.0	1.0	5.0%	5.0%	5.0%

Commentaire du médecin

HOLOGIC[®]

Image 1 : cliché de face VFA

Service Endocrinologie
 Pour la Qualité de l'Os en Lorraine
 CHU Nancy-Brabois, Vandoeuvre les Nancy 54500

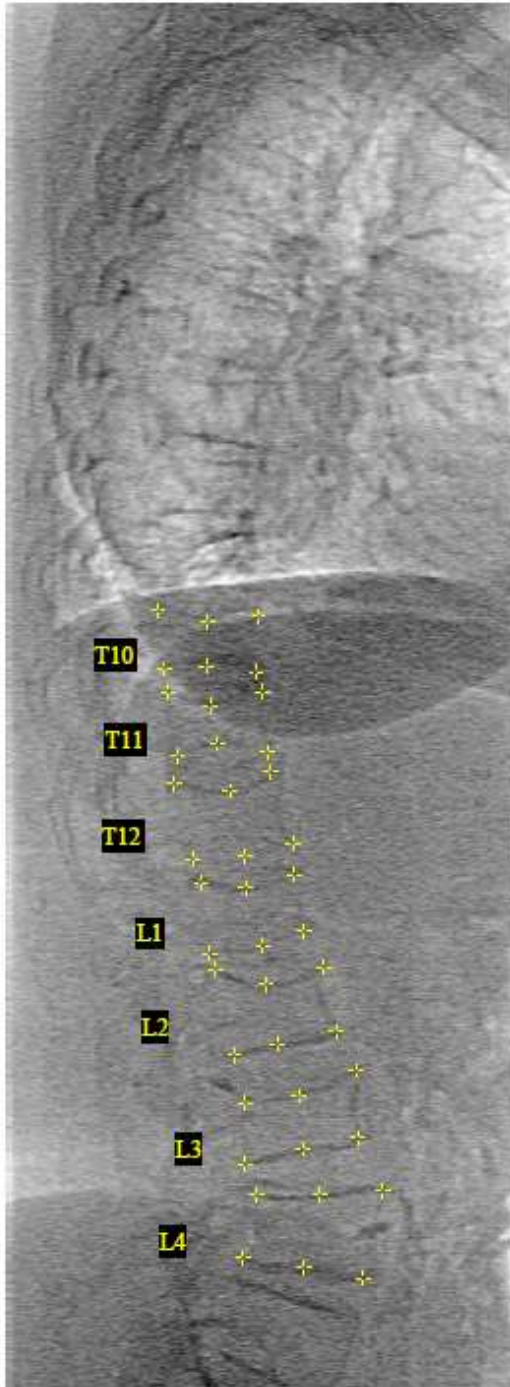
Téléphone : 03 83 15 34 44

E-mail: densito@chu-nancy.fr

Télécopie: 03 83 15 34 40

Nom :	Sexe :	Taille :
ID patient :	Groupe ethnique :	Poids :
DDN :	Age de ménopause :	Âge :

Médecin traitant :



Information d'examen :

Date de l'examen :
 Type de l'examen: a SE Lateral Image
 Analyse:
 Opérateur: VD
 Modèle: Discovery A (S/N83097)
 Commentaire :

l'Evaluation Vertébrale

Etiquette	Hauteur (mm)			Pourcentage de déformation		
	Post	Mid	Ant	Wedge	Biconcave	Ecrasem
	Déformation (degré)					
T10	16.8	12.7	16.0	4.8%	24.6%	0.0%
	Biconcave (léger)					
T11	18.8	11.2	17.2	8.2%	40.3%	0.0%
	Biconcave (grave)					
T12	22.2	19.3	21.5	3.2%	12.9%	0.0%
	Normal					
L1	20.4	17.3	16.5	19.2%	15.4%	0.0%
	Normal					
L2	25.1	17.5	18.9	25.0%	30.6%	0.0%
	Biconcave (Moyen)					
L3	17.5	15.3	19.4	0.0%	12.5%	9.8%
	Normal					
L4	18.6	21.5	25.7	0.0%	-15.6%	27.6%
	Ecrasement (Moyen)					
Std Dev	1.0	1.0	1.0	5.0%	5.0%	5.0%

Commentaire du médecin

HOLOGIC®

Image 2 : cliché de profil avec calculs de pourcentages de déformation

Définition d'une fracture vertébrale en VFA

La définition d'une fracture vertébrale ne fait toujours pas l'objet d'une définition consensuelle en 2018. De nombreuses techniques d'identification de fractures vertébrales différentes existent ⁽⁶⁾ mais la plus utilisée en pratique clinique correspond à l'analyse semi-quantitative de Genant. La détermination d'une fracture vertébrale en VFA repose sur une combinaison de paramètres morphométriques basés sur les seuils définis par ceux de l'analyse semi-quantitative de Genant.

Analyse semi-quantitative de Genant ⁽⁷⁾ :

Cette technique a été décrite en 1993 par Genant et reste à ce jour la technique la plus simple et performante pour les études cliniques. Elle débute par une analyse visuelle de chaque vertèbre de T4 à L4 pour déterminer la présence d'une éventuelle diminution de hauteur et d'en déterminer la sévérité selon des grades côtés de 0 à 3 en fonction du pourcentage de réduction et selon 3 types de déformations (cunéiforme, biconcave et écrasée) selon l'atlas suivant :

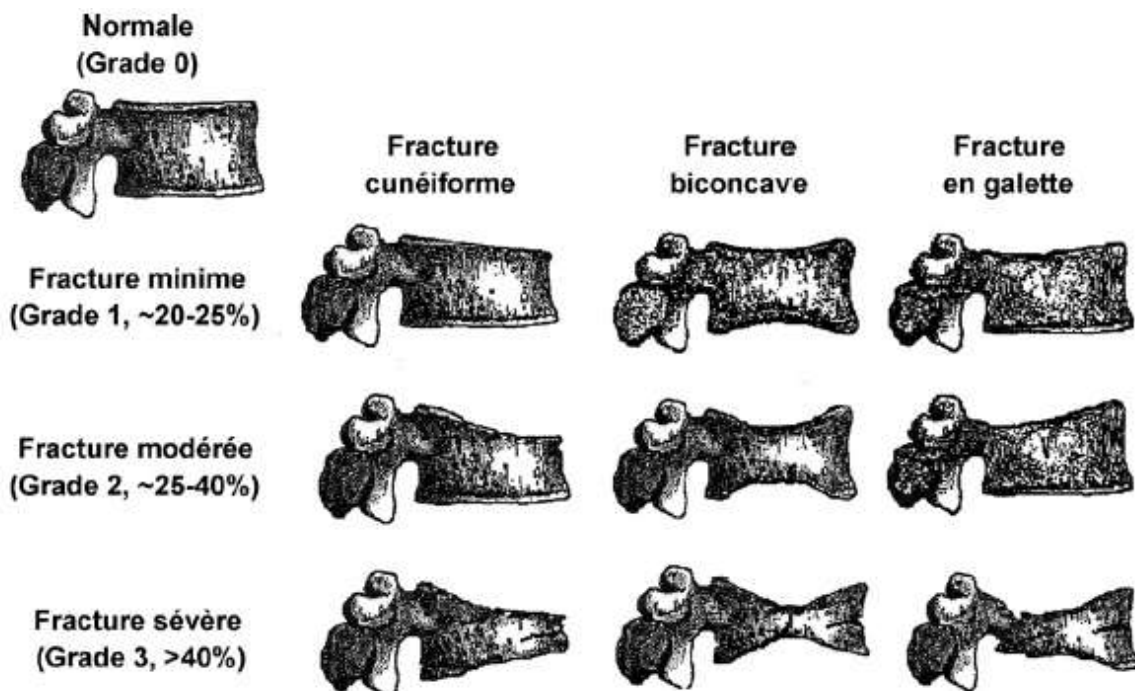


Image 3 : atlas analyse semi-quantitative de Genant

La technique est dite semi-quantitative car elle vise à analyser visuellement et donc subjectivement une déformation et sa sévérité pour aboutir à une valeur semi-quantifiée.

La VFA repose sur l'application de ce principe, mais en quantifiant par morphométrie les déformations.

Morphométrie vertébrale :

Les valeurs seuils utilisées par l'appareil Hologic discovery sont celles de la classification de Genant. Une réduction de hauteur de plus de 20% définit la présence d'une fracture vertébrale. Les différents grades de sévérité sont les suivants :

- grade 0 : déformation inférieure à 20% : vertèbre normale
- grade 1 : fracture minime avec déformation de 20 % (inclus) à 25% (exclu)
- grade 2 : fracture modérée, déformation de 25%-40% (exclu)
- grade 3 : fracture sévère, déformation de 40% et plus

Par ailleurs, trois types de déformation sont intégrés au système d'exploitation de l'appareil selon la classification de Genant : cunéiforme, biconcave et par écrasement (ou galette). Ces déformations sont définies morphologiquement en VFA par les rapports des différentes hauteurs vertébrales entre elles selon les formules suivantes :

- fracture cunéiforme : diminution de plus de 20% de la hauteur antérieure par rapport à la hauteur postérieure (ou rapport hauteur antérieure/hauteur postérieure < 80%)
- fracture biconcave : diminution de plus de 20% de la hauteur au milieu par rapport à la hauteur postérieure (ou rapport hauteur au milieu/hauteur postérieure < 80%)
- fracture par écrasement : diminution de plus de 20% de la hauteur postérieure par rapport à la hauteur antérieure (ou rapport hauteur postérieure/hauteur antérieure < 80%)

Différentes méthodes de mesures morphométriques sont possibles (⁸). La définition morphométrique des fractures par écrasement varie selon les études. Toutefois, par soucis de reproductibilité et de comparaison, il a été décidé d'utiliser le rapport entre la hauteur postérieure et la hauteur antérieure comme mentionné dans les derniers critères définis par le comité d'évaluation des fractures vertébrales (⁹).

Une pondération est réalisée systématiquement selon les hauteurs des vertèbres adjacentes en VFA, mais les algorithmes de pondération ne sont pas connus (ni fournis par le fabricant) et représenteraient une complexité importante pour la comparaison des données et n'a donc pas été intégrée dans les formules transposées au scanner.

Stratégie de comparaison de données

Pour obtenir des rapports de déformations comparables sur les scanners, les considérations suivantes étaient utilisées pour l'étude.

- pour une fracture cunéiforme, on considère que la hauteur antérieure d'une vertèbre (ha) est inférieure à la hauteur postérieure (hp). De plus, cette différence doit être supérieure à 20% (inclus) pour être significative soit :

Fracture si HA inférieure à 80% de HP ou si la différence des deux hauteurs est supérieure à 20% de HP soit :

$$= HP - HA > 20\% \text{ de HP}$$

$$= HP - HA > (20 \times HP)/100$$

$$= (HP-HA) \times 100 > 20 \times HP$$

$$= ((HP-HA) \times 100)/HP > 20$$

Si le calcul $((HP-HA) \times 100)/HP$ dépasse 20, alors la vertèbre est considérée comme fracturée et de type cunéiforme.

On applique les mêmes réflexions aux fractures biconcaves et par écrasement.

- pour une fracture biconcave, comparaison de la hauteur au milieu (HM) avec la hauteur postérieure donc :

$$= HP - HM > 20\% \text{ de HP}$$

$$= ((HP- HM) \times 100)/HP > 20$$

- pour une fracture par écrasement, comparaison de la hauteur postérieure par rapport à la hauteur antérieure soit :

$$= HA - HP > 20\% \text{ de HA}$$

$$= ((HA - HP) \times 100)/HA > 20$$

Ainsi, pour chaque vertèbre, trois rapports différents peuvent être calculés pour définir la présence d'une fracture. Il est important de noter que l'application de ces formules peut donner des résultats négatifs. En effet, lors d'une fracture cunéiforme par exemple, la hauteur antérieure est inférieure à la hauteur postérieure par définition. Ainsi, le calcul du rapport pour les fractures par écrasement donnera systématiquement un ratio négatif qui est donc considéré dans ce cas comme nul. Par ailleurs, lorsqu'une vertèbre présente des déformations qui engendrent un affaissement de plusieurs hauteurs, il se peut que plusieurs rapports de hauteurs soient supérieurs à 20%. Le type de fracture est dans ce cas défini par le rapport de hauteur le plus élevé. Cette méthode est prise à défaut par les fractures où toutes les hauteurs sont diminuées. Dans ce cas, aucun rapport de hauteur ne peut excéder 20% malgré la présence d'une fracture sévère. Ce problème était contrôlé par la mention des fractures en galette sur chaque examen comme expliqué précédemment. La morphologie était désignée par la hauteur la plus diminuée (antérieure = cunéiforme, milieu = biconcave, postérieure = écrasement). La problématique des déformations de L5 a été abordée comme suit : étant donné l'existence d'une déformation physiologique du fait de la lordose lombaire, seules les déformations fracturaires de grade 2 et 3 étaient considérées pour les fractures de type écrasement. En effet, à ce niveau le mur postérieur présente une hauteur physiologiquement inférieure à la hauteur antérieure (considérée comme normale jusqu'à 20% de différence) et donc l'application des calculs morphométriques aboutit à retrouver une fracture par écrasement de grade 1 dans un

nombre non négligeable de cas. Au-delà de 25%, la fracture est considérée comme réelle et l'association à un affaissement de la corticale et à un œdème osseux sous lésionnel permettait d'affiner le diagnostic. Pour les déformations de type cunéiforme et biconcave, ces considérations ne s'appliquent pas étant donné que même un grade 1 correspond à une inversion de rapport des hauteurs et est donc significatif.

Enfin, de la même façon qu'en VFA, ces mesures sont prises en défaut lorsque la vertèbre est dite en « galette » c'est-à-dire que l'ensemble de ses hauteurs est diminué du fait d'un écrasement complet de la vertèbre et donc que les rapports s'équilibrent entre eux. Pour pallier à ce problème, chaque vertèbre en galette était renseignée comme une fracture de grade 3 par le radiologue.

Détail de la méthode statistique

Le gold standard pour définir la présence d'une fracture vertébrale était le résultat de l'analyse morphométrique sur les scanners.

L'analyse statistique était réalisée selon une analyse par vertèbre et par patient. L'analyse par vertèbre visait à comparer les résultats des examens sur le diagnostic de fracture par vertèbre. L'analyse par patient visait à évaluer les performances à l'échelle du patient. Pour l'analyse par patient, le critère étudié était le statut « fracturé » défini par la présence d'au moins une fracture. Dans cette configuration, l'analyse des morphologies n'est pas possible. Pour les grades, il est possible d'attribuer au patient un grade correspondant à celui de la vertèbre dont la fracture est la plus sévère pour pouvoir comparer les données.

Les concordances « inter-observateurs » étaient évaluées par le biais de coefficients de kappa de Cohen. Il s'agit d'un coefficient destiné à mesurer l'accord entre deux variables qualitatives ayant les mêmes modalités et donc permet d'évaluer la concordance entre les valeurs qualitatives attribuées par deux juges différents. Le coefficient est toujours compris entre -1 et 1 (accord maximal). Son interprétation est fondée sur le barème suivant :

<0.20	Grand désaccord
0.00 – 0.20	Accord très faible
0.21 – 0.40	Accord faible
0.41 – 0.60	Accord moyen
0.61 – 0.80	Accord satisfaisant
0.80 – 1.00	Accord excellent

Les examens de VFA considérés comme illisibles étaient inclus dans l'étude pour permettre le calcul des propriétés intrinsèques de la VFA et ne pas surévaluer les performances de l'examen. De même, les vertèbres non analysées en VFA étaient également considérées pour apprécier la perte d'information.

Les analyses se faisaient sans et avec sélection de données pour déterminer les paramètres intrinsèques de la VFA selon les critères utilisés. Cela permettait en outre d'écarter les différences liées à l'absence de visualisation de L5 en VFA et d'évaluer les performances morphométriques seules.

Une recherche de facteurs influençant le diagnostic de fracture en VFA était réalisée selon une analyse pondérée par les critères cliniques et les différents étages vertébraux.

Résultats non inclus dans l'étude

Les données issues de l'analyse par vertèbre sans sélection de données n'étaient pas considérées. Les tests de concordance entre les scanners et VFA 1 étaient de 0.19 sur le critère fracture, 0.16 pour la morphologie et 0.14 pour les grades. Pour VFA 2, les concordances étaient de 0.12, 0.11 et 0.1 respectivement pour le critère fracture, morphologie et grade.

Pour l'analyse par patient, les résultats étaient pour VFA 1 de 0.4 et 0.25 pour le critère fracture et grade respectivement. Pour VFA 2, ils étaient de 0.27 et 0.21.

La concordance est très faible entre les deux examens car les vertèbres non visualisées étaient considérées comme des erreurs. Ainsi, les différences sont liées au manque de données et à la différence avec L5. Les données manquantes donnent des discordances même si la vertèbre en scanner est considérée comme normale. Seules les analyses sélectionnées représentent un intérêt pour l'évaluation des performances morphométriques.

La concordance entre les deux observateurs de VFA sur des données sélectionnées retrouvait des résultats similaires. En analyse par vertèbre la concordance kappa pour le critère fracture était de 0.67, de 0.60 pour la morphologie et de 0.54 pour les grades ; en analyse par patient il est de 0.65 pour le critère fracture et de 0.54 pour les grades. Les données sélectionnées n'apportent pas d'élément comparatif pertinent étant donné que l'examen comparé est le même mais par deux observateurs. Dans ce cas, la prise en compte des vertèbres non visualisées est importante pour refléter la différence d'analyse entre les deux observateurs.

Enfin, pour ce qui est de la recherche de facteurs de justesse selon l'étage vertébral, des analyses étaient menées avec les données sélectionnées. Cette analyse ne reflétait pas la justesse du diagnostic qui devait rendre compte des erreurs liées aux vertèbres non visualisées dont la proportion était très importante au niveau thoracique haut.

Annexes

Indications remboursées pour un examen d'ostéodensitométrie :

1) Pour un premier examen dans la population générale :

a) Indications quel que soit l'âge et le sexe

- découverte ou confirmation radiologique d'une fracture vertébrale (déformation du corps vertébral) sans contexte traumatique ni tumoral évident.
- antécédent personnel de fracture périphérique survenue sans traumatisme majeur (sont exclues de ce cadre les fractures du crâne, des orteils, des doigts, du rachis cervical).
- lors d'une corticothérapie systémique (de préférence au début) prescrite pour une durée d'au moins trois mois consécutifs, à une dose supérieure à 7.5 mg par jour d'équivalent prednisone.
- antécédent documenté de pathologie ou de traitement potentiellement inducteur d'ostéoporose : hypogonadisme prolongé (incluant l'androgénoprivation chirurgicale par orchidectomie ou médicamenteuse par analogue de la GnRH), hyperthyroïdie évolutive non traitée, hypercorticisme, hyperparathyroïdie primitive et ostéogénèse imparfaite.

2) Pour un premier examen chez la femme ménopausée :

Ces indications sont également valables pour les femmes sous traitement hormonal de la ménopause à des doses utilisées inférieures aux doses recommandées pour la protection osseuse, en complément des indications concernant la population générale.

- antécédent de fracture du col fémoral sans traumatisme majeur chez un parent du premier degré.
- indice de masse corporelle inférieur à 19 kg/m².
- ménopause avant 40 ans quelle qu'en soit la cause.
- antécédent de prise de corticoïdes d'une durée d'au moins trois mois consécutifs, à une dose de plus de 7.5 mg par jour d'équivalent de prednisone.

3) Pour un second examen :

- à l'arrêt du traitement anti-ostéoporotique, en dehors de l'arrêt précoce pour effet indésirable, chez la femme ménopausée.
- chez la femme ménopausée sans fracture, lorsqu'un traitement n'a pas été mis en route après une première ostéodensitométrie montrant une valeur normale ou une ostéopénie, une deuxième ostéodensitométrie peut être proposée 3 à 5 ans après la première, en fonction de l'apparition de nouveaux facteurs de risque.

Bibliographie complémentaire

- ¹ Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of a WHO Study Group. World Health Organ Tech Rep Ser. 1994;843:1-129.
- ² Briot K, Cortet B, Thomas T, Roux C, et al. Actualisation 2012 des recommandations françaises du traitement médicamenteux de l'ostéoporose post-ménopausique. Revue du rhumatisme 2012 ; 79(3): 264-274.
- ³ Bliuc D, Nguyen ND, Milch VE, Nguyen TV, Eisman JA, Center JR. Mortality risk associated with low-trauma osteoporotic fracture and subsequent fracture in men and women. JAMA. 2009 ; 301(5): 513-21.
- ⁴ Klotzbuecher CM, Ross PD, Landsman PB, Abbott TA 3rd, Berger M. Patients with prior fractures have an increased risk of future fractures: a summary of the literature and statistical synthesis. J Bone Miner Res. 2000; 15(4): 721-39.
- ⁵ Black DM, Arden NK, Palermo L, Pearson J, Cummings SR. Prevalent vertebral deformities predict hip fractures and new vertebral deformities but not wrist fractures. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. J Bone Miner Res. 1999 ; 14(5): 821-8.
- ⁶ Oei L, Rivadeneira F, Ly F, Breda SJ, Zillikens MC, Hofman A, et al. Review of radiological scoring methods of osteoporotic vertebral fractures for clinical and research settings european society of radiology 2013 Feb;23(2) 476-86.
- ⁷ Genant HK, Wu CY, van Kuijk C, Nevitt MC. Vertebral fracture assessment using a semi quantitative technique, journal of bone and mineral research, 1993 ; 8(9): 1137-48.
- ⁸ Sharon H. Chou, Tamara Vokes, Vertebral morphometry journal of densitometry : assessment and management of musculoskeletal health, 2016 : 19(1) : 48-53.
- ⁹ Mori S, Soen S, Hagino H, Nakano T, Ito M, Fujiwara S, et al. Justification criteria for vertebral fracture : year 2012 revision Committee for Vertebral Fracture Evaluation, Journal of Bone and Mineral metabolism Metab. 2013 ; 31(3): 258-61.

Résumé

Les fractures vertébrales représentent une des complications sévères de l'ostéoporose bien que celles-ci soient souvent asymptomatiques. Leur mise en évidence représente une opportunité de prise en charge spécifique pour les patients. Des outils diagnostiques comme le « vertebral fracture assessment » ont été développés dans l'objectif d'améliorer le diagnostic de ces fractures. Notre étude était mono-centrique rétrospective réalisée à partir des données de patients du service d'endocrinologie du CHRU de Nancy. Chaque patient inclus avait bénéficié d'un scanner du rachis thoraco-lombaire et d'un examen de VFA appareillé dans le temps, dans le cadre d'un bilan d'ostéopathie fragilisante, durant la période de juin 2006 à juin 2016. Au total, 207 examens étaient inclus. Chaque scanner était analysé spécifiquement pour l'étude par un radiologue expérimenté et chaque examen de VFA analysé indépendamment par deux observateurs. Le diagnostic de fracture vertébrale était réalisé à l'aide de mesures morphométriques selon trois hauteurs vertébrales pour chaque vertèbre fracturée. La concordance entre les deux examens et observateurs était évaluée par test kappa et les paramètres intrinsèques de la VFA étaient calculés en prenant les résultats des scanners comme référence. On retrouvait une sensibilité de 0.73 et 0.71 pour l'analyse par patient et une spécificité de 0.95 et 0.88 pour chaque observateur de VFA. Pour l'analyse par vertèbre, la sensibilité était nettement inférieure à savoir 0.47 et 0.48 pour une spécificité de 0.97. Cette différence était corrélée au faible nombre de vertèbres analysées en VFA à l'étage thoracique haut, ainsi qu'à la faible concordance sur les grades, la morphologie et la sous-estimation de la sévérité des fractures. La justesse du diagnostic était surtout influencée par le niveau vertébral et on retrouvait des performances acceptables pour le rachis thoracique bas et lombaire uniquement. L'apport diagnostique du « vertebral fracture assessment » apparaît surtout qualitatif au vu de ses faibles performances diagnostiques mais représente une opportunité supplémentaire de détecter une fracture vertébrale prévalente non connue.

Titre en anglais : Spinal fractures : « Vertebral fracture assessment » is not enough

Thèse : Médecine générale année 2018

Mots clés : Spinal fractures/diagnostic imaging* ; Absorptiometry, Photon/methods* ; Osteoporosis, Postmenopausal/diagnostic imaging

ADRESSE DE LA FACULTE

Université de Lorraine
Faculté de médecine Nancy
9 avenue de la Forêt de Haye
54505 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex
