



كلية الطب
والصيدلة - مراكش
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

Année 2020

Thèse N° 221

Fractures de l'extrémité proximale du fémur : facteurs de risques morphologiques

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 16/11/2020

PAR

Mme. **Aabir DELMAKI**

Née Le 03 Juin 1993 à Marrakech

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

MOTS-CLÉS

Fracture – Fémur proximal – Géométrie– Morphologie – Densité minérale osseuse

JURY

M.	H. SAIDI	PRESIDENT
	Professeur de Traumatologie – Orthopédie	
M.	M. A. BENHIMA	RAPPORTEURS
	Professeur de Traumatologie – Orthopédie	
Mme.	M. GHAZI	} JUGE
	Professeur de Rhumatologie	
M.	R. NIAMANE	
	Professeur de Rhumatologie	

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا

إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ

أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

صدق الله العظيم
(سورة البقرة - الآية ٣٢)



Serment d'hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale,

Je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.

*Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades
sera mon premier but.*

Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.

*Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles
traditions de la profession médicale.*

Les médecins seront mes frères.

*Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération
politique et sociale, ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*

Je maintiendrai strictement le respect de la vie humaine dès sa conception.

*Même sous la menace, je n'userai pas mes connaissances médicales
d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*

Je m'y engage librement et sur mon honneur.

Déclaration Genève, 1948





**LISTE DES
PROFESSEURS**

UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
MARRAKECH

Doyens Honoraires

: Pr. Badie Azzaman MEHADJI
: Pr. Abdelhaq ALAOUI YAZIDI

ADMINISTRATION

Doyen

: Pr. Mohammed BOUSKRAOUI

Vice doyen à la Recherche et la Coopération

: Pr. Mohamed AMINE

Vice doyen aux Affaires Pédagogiques

: Pr. Redouane EL FEZZAZI

Secrétaire Générale

: Mr. Azzeddine EL HOUDAIGUI

Professeurs de l'enseignement supérieur

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABKARI Imad	Traumato- orthopédie	FAKHIR Bouchra	Gynécologie- obstétrique
ABOU EL HASSAN Taoufik	Anesthésie- réanimation	FINECH Benasser	Chirurgie - générale
ABOUCHADI Abdeljalil	Stomatologie et chir maxillo faciale	FOURAJI Karima	Chirurgie pédiatrique
ABOULFALAH Abderrahim	Gynécologie- obstétrique	GHANNANE Houssine	Neurochirurgie
ABOUSSAIR Nisrine	Génétique	GHOUNDALE Omar	Urologie
ADALI Imane	Psychiatrie	HACHIMI Abdelhamid	Réanimation médicale
ADERDOUR Lahcen	Oto- rhino- laryngologie	HAJJI Ibtissam	Ophthalmologie
ADMOU Brahim	Immunologie	HAROU Karam	Gynécologie- obstétrique
AGHOUTANE El Mouhtadi	Chirurgie pédiatrique	HOCAR Ouafa	Dermatologie
AISSAOUI Younes	Anesthésie - réanimation	JALAL Hicham	Radiologie
AIT AMEUR Mustapha	Hématologie Biologique	KAMILI El Ouafi El Aouni	Chirurgie pédiatrique
AIT BENALI Said	Neurochirurgie	KHALLOUKI Mohammed	Anesthésie- réanimation
AIT BENKADDOUR Yassir	Gynécologie- obstétrique	KHATOURI Ali	Cardiologie
AIT-SAB Imane	Pédiatrie	KHOUCHANI Mouna	Radiothérapie
ALAOUI Mustapha	Chirurgie- vasculaire périphérique	KISSANI Najib	Neurologie
AMAL Said	Dermatologie	KOULALI IDRISSEI Khalid	Traumato- orthopédie
AMINE Mohamed	Epidémiologie- clinique	KRATI Khadija	Gastro- entérologie

AMMAR Haddou	Oto-rhino-laryngologie	KRIET Mohamed	Ophtalmologie
AMRO Lamyae	Pneumo- phtisiologie	LAGHMARI Mehdi	Neurochirurgie
ANIBA Khalid	Neurochirurgie	LAKMACHI Mohamed Amine	Urologie
ARSALANE Lamiae	Microbiologie -Virologie	LAOUAD Inass	Néphrologie
ASMOUKI Hamid	Gynécologie- obstétrique	LOUHAB Nisrine	Neurologie
ATMANE El Mehdi	Radiologie	LOUZI Abdelouahed	Chirurgie - générale
BAIZRI Hicham	Endocrinologie et maladies métaboliques	MADHAR Si Mohamed	Traumato- orthopédie
BASRAOUI Dounia	Radiologie	MANOUDI Fatiha	Psychiatrie
BASSIR Ahlam	Gynécologie- obstétrique	MANSOURI Nadia	Stomatologie et chiru maxillo faciale
BELKHOUS Ahlam	Rhumatologie	MAOULAININE Fadl mrabih rabou	Pédiatrie (Neonatalogie)
BEN DRISS Laila	Cardiologie	MATRANE Aboubakr	Médecine nucléaire
BENCHAMKHA Yassine	Chirurgie réparatrice et plastique	MOUAFFAK Youssef	Anesthésie - réanimation
BENELKHAÏAT BENOMAR Ridouan	Chirurgie - générale	MOUDOUNI Said Mohammed	Urologie
BENHIMA Mohamed Amine	Traumatologie - orthopédie	MOUFID Kamal	Urologie
BENJILALI Laila	Médecine interne	MOUTAJ Redouane	Parasitologie
BENZAROUËL Dounia	Cardiologie	MOUTAOUAKIL Abdeljalil	Ophtalmologie
BOUCHENTOUF Rachid	Pneumo- phtisiologie	MSOUGGAR Yassine	Chirurgie thoracique
BOUKHANNI Lahcen	Gynécologie- obstétrique	NAJEB Youssef	Traumato- orthopédie
BOUKHIRA Abderrahman	Biochimie - chimie	NARJISS Youssef	Chirurgie générale
BOUMZEBRA Drissi	Chirurgie Cardio- Vasculaire	NEJMI Hicham	Anesthésie- réanimation
BOURRAHOÛAT Aïcha	Pédiatrie	NIAMANE Radouane	Rhumatologie
BOURROUS Monir	Pédiatrie	OUALI IDRISSE Mariem	Radiologie
BOUSKRAOÛI Mohammed	Pédiatrie	OULAD SAIAD Mohamed	Chirurgie pédiatrique
CHAFIK Rachid	Traumato- orthopédie	QACIF Hassan	Médecine interne
CHAKOUR Mohamed	Hématologie Biologique	QAMOÛSS Youssef	Anesthésie- réanimation
CHELLAK Saliha	Biochimie- chimie	RABBANI Khalid	Chirurgie générale
CHERIF IDRISSE EL GANOUNI Najat	Radiologie	RADA Noureddine	Pédiatrie
CHOULLI Mohamed Khaled	Neuro pharmacologie	RAIS Hanane	Anatomie pathologique

DAHAMI Zakaria	Urologie	RAJI Abdelaziz	Oto-rhino-laryngologie
DRAISS Ghizlane	Pédiatrie	ROCHDI Youssef	Oto-rhino-laryngologie
EL ADIB Ahmed Rhassane	Anesthésie-réanimation	SAIDI Halim	Traumato-orthopédie
EL ANSARI Nawal	Endocrinologie et maladies métaboliques	SAMKAOUI Mohamed Abdenasser	Anesthésie-réanimation
EL BARNI Rachid	Chirurgie-générale	SAMLANI Zouhour	Gastro-entérologie
EL BOUCHTI Imane	Rhumatologie	SARF Ismail	Urologie
EL BOUIHI Mohamed	Stomatologie et chir maxillo faciale	SORAA Nabila	Microbiologie - Virologie
EL FEZZAZI Redouane	Chirurgie pédiatrique	SOUMMANI Abderraouf	Gynécologie-obstétrique
EL HAOURY Hanane	Traumato-orthopédie	TASSI Noura	Maladies infectieuses
EL HATTAOUI Mustapha	Cardiologie	TAZI Mohamed Illias	Hématologie-clinique
EL HOUDZI Jamila	Pédiatrie	YOUNOUS Said	Anesthésie-réanimation
EL IDRISSE SLITINE Nadia	Pédiatrie	ZAHLANE Kawtar	Microbiologie - virologie
EL KARIMI Saloua	Cardiologie	ZAHLANE Mouna	Médecine interne
EL KHAYARI Mina	Réanimation médicale	ZAOUI Sanaa	Pharmacologie
EL MGHARI TABIB Ghizlane	Endocrinologie et maladies métaboliques	ZIADI Amra	Anesthésie - réanimation
ELFIKRI Abdelghani	Radiologie	ZOUHAIR Said	Microbiologie
ESSAADOUNI Lamiaa	Médecine interne	ZYANI Mohammed	Médecine interne
FADILI Wafaa	Néphrologie		

Professeurs Agrégés

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABIR Badreddine	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale	EL OMRANI Abdelhamid	Radiothérapie
ADARMOUCH Latifa	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)	FAKHRI Anass	Histologie-embryologie cytogénétique
AIT BATAHAR Salma	Pneumo-phtisiologie	IHBIBANE fatima	Maladies Infectieuses
ALJ Soumaya	Radiologie	KADDOURI Said	Médecine interne

ARABI Hafid	Médecine physique et réadaptation fonctionnelle	LAHKIM Mohammed	Chirurgie générale
ARSALANE Adil	Chirurgie Thoracique	LAKOUICHMI Mohammed	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale
BELBACHIR Anass	Anatomie-pathologique	MARGAD Omar	Traumatologie - orthopédie
BELBARAKA Rhizlane	Oncologie médicale	MLIHA TOUATI Mohammed	Oto-Rhino - Laryngologie
BELHADJ Ayoub	Anesthésie - Réanimation	MOUHSINE Abdelilah	Radiologie
BENALI Abdeslam	Psychiatrie	NADER Youssef	Traumatologie - orthopédie
BENJELLOUN HARZIMI Amine	Pneumo- phtisiologie	OUBAHA Sofia	Physiologie
BOUZERDA Abdelmajid	Cardiologie	RBAIBI Aziz	Cardiologie
BSISS Mohamed Aziz	Biophysique	SAJIAI Hafsa	Pneumo- phtisiologie
CHRAA Mohamed	Physiologie	SALAMA Tarik	Chirurgie pédiatrique
DAROUASSI Youssef	Oto-Rhino - Laryngologie	SEDDIKI Rachid	Anesthésie - Réanimation
EL AMRANI Moulay Driss	Anatomie	SERGHINI Issam	Anesthésie - Réanimation
EL HAOUATI Rachid	Chirurgie Cardio-vasculaire	TOURABI Khalid	Chirurgie réparatrice et plastique
EL KAMOUNI Youssef	Microbiologie Virologie	ZARROUKI Youssef	Anesthésie - Réanimation
EL KHADER Ahmed	Chirurgie générale	ZEMRAOUI Nadir	Néphrologie
EL MEZOUARI El Moustafa	Parasitologie Mycologie		

Professeurs Assistants

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABDELFETTAH Youness	Rééducation et Réhabilitation Fonctionnelle	ELOUARDI Youssef	Anesthésie réanimation
ABDOU Abdessamad	Chiru Cardio vasculaire	EL-QADIRY Rabiya	Pédiatrie
ABOULMAKARIM Siham	Biochimie	ESSADI Ismail	Oncologie Médicale
ACHKOUN Abdessalam	Anatomie	FDIL Naima	Chimie de Coordination Bio-organique
AIT ERRAMI Adil	Gastro-entérologie	FENNANE Hicham	Chirurgie Thoracique

AKKA Rachid	Gastro - entérologie	HAJHOUI Farouk	Neurochirurgie
ALAOUI Hassan	Anesthésie - Réanimation	HAJJI Fouad	Urologie
AMINE Abdellah	Cardiologie	HAMMI Salah Eddine	Médecine interne
ARROB Adil	Chirurgieréparatrice et plastique	Hammoune Nabil	Radiologie
ASSERRAJI Mohammed	Néphrologie	HAMRI Asma	Chirurgie Générale
AZIZ Zakaria	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	JALLAL Hamid	Cardiologie
BAALLAL Hassan	Neurochirurgie	JANAH Hicham	Pneumo- phtisiologie
BABA Hicham	Chirurgie générale	LAFFINTI Mahmoud Amine	Psychiatrie
BELARBI Marouane	Néphrologie	LAHLIMI Fatima Ezzahra	Hématologie clinique
BELFQUIH Hatim	Neurochirurgie	LAHMINE Widad	Pédiatrie
BELGHMAIDI Sarah	OPhtalmologie	LALYA Issam	Radiothérapie
BELLASRI Salah	Radiologie	LAMRANI HANCH Asmae	Microbiologie- virologie
BENANTAR Lamia	Neurochirurgie	LOQMAN Souad	Microbiologie et toxicologie environnementale
BENNAOUI Fatiha	Pédiatrie	MAOUJOUR Omar	Néphrologie
BENZALIM Meriam	Radiologie	MEFTAH Azzelarab	Endocrinologie et maladies métaboliques
BOUTAKIOUTE Badr	Radiologie	MILOUDI Mohcine	Microbiologie - Virologie
CHAHBI Zakaria	Maladies infectieuses	NASSIH Houda	Pédiatrie
CHETOUI Abdelkhalek	Cardiologie	NASSIM SABAH Taoufik	Chirurgie Réparatrice et Plastique
CHETTATI Mariam	Néphrologie	OUMERZOUK Jawad	Neurologie
DAMI Abdallah	Médecine Légale	RAGGABI Amine	Neurologie
DARFAOUI Mouna	Radiothérapie	RAISSI Abderrahim	Hématologie clinique
DOUIREK Fouzia	Anesthésie- réanimation	REBAHI Houssam	Anesthésie - Réanimation
EL- AKHIRI Mohammed	Oto- rhino- laryngologie	RHARRASSI Isam	Anatomie- pathologique
EL AMIRI My Ahmed	Chimie de Coordination bio-organique	ROUKHSI Redouane	Radiologie
EL FADLI Mohammed	Oncologie médicale	SALLAHI Hicham	Traumatologie- orthopédie
EL FAKIRI Karima	Pédiatrie	SAYAGH Sanae	Hématologie
EL GAMRANI Younes	Gastro-entérologie	SBAAI Mohammed	Parasitologie- mycologie

EL HAKKOUNI Awatif	Parasitologie mycologie	SEBBANI Majda	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)
EL HAMZAOUI Hamza	Anesthésie réanimation	SIRBOU Rachid	Médecine d'urgence et de catastrophe
EL KHASSOUI Amine	Chirurgie pédiatrique	WARDA Karima	Microbiologie
ELATIQUI Oumkeltoum	Chirurgie réparatrice et plastique	ZBITOU Mohamed Anas	Cardiologie
ELBAZ Meriem	Pédiatrie	ZOUIZRA Zahira	Chirurgie Cardio- vasculaire
ELJAMILI Mohammed	Cardiologie		

LISTE ARRÊTÉE LE 01/10/2020



DÉDICACES

*Ce moment est l'occasion d'adresser mes remerciements et
ma reconnaissance et de dédier cette thèse*



Je dédie cette thèse

A ma mère Aziza Labroumi

Aujourd'hui je crois avoir réalisé l'un de tes rêves, aucune dédicace, aucun mot ne saurait exprimer tout le respect, toute l'affection et tout l'amour que je te porte. Sans toi, chère maman, je ne suis qu'un corps sans âme. Merci de m'avoir soutenu et de m'avoir aimé inconditionnellement.

Maman, Tu m'as toujours conseillé de ne pas m'affaiblir devant les banalités de la vie. Tu m'as toujours poussé à me surpasser dans tout ce que j'entreprends, tu es l'exemple d'une femme battante, celle qui affronte la vie avec beaucoup de courage. Tu représentes pour moi le symbole de la force et de la sagesse par excellence. Tu es celle qui m'a donné la vie, qui m'a guidé et qui a éclairé mon monde. Avec ton amour, tes prières, tes encouragements et ta tendresse j'ai pu surpasser tous les obstacles. J'espère, maman qu'en ce moment tu pourras être fière de moi, je t'aime énormément

A mon père Abdelfettah Delmaki

Papa, tu es mon idole, celui qui m'a élevé dans l'honneur, la droiture et la dignité. Merci de m'avoir toujours soutenue dans mes décisions. Quoi que je puisse dire, je ne saurai exprimer la profonde gratitude que je te témoigne, pour tous les efforts et les sacrifices que tu n'as jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien être sans jamais te plaindre. Tu as fait de tes enfants le centre de ta vie, tu as bien veillé sur notre éducation, sache papa que je chéris tout ce que tu as fait pour moi, tu m'as appris à travailler dur pour réussir, je me rappellerai toujours des journées que tu as sacrifiées pour rester à mes côtés pendant mes longues journées de préparation pour m'encourager et me faciliter la vie, je te dois ce que je suis aujourd'hui. J'espère être digne de ton nom, ton éducation et ta confiance. J'ai vécu dans l'admiration de ta grande personnalité. Tu es pour moi l'exemple de la réussite et du grand cœur. je suis honorée d'être ta fille, tu es le meilleur papa au monde.

Mes parents ce modeste travail qui est avant tout le vôtre, n'est qu'une concrétisation de vos grands efforts et vos immenses sacrifices. Je prie Dieu, le tout puissant, de vous protéger et de vous procurer santé,

Bonheur et longue vie

(وَقُلْ رَبِّ ارْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيَانِي صَغِيرًا)

A mon frère Adnane Delmakí

Je te dédie ce travail en témoignage de ma gratitude, de mon profond amour et mon attachement puisse nos liens fraternels se consolider davantage. Je ne pourrais d'aucune manière exprimer mon immense amour envers toi petit frère. Ta générosité et ta bonté a été pour moi une source de courage, Qu'Allah t'apporte le bonheur et la santé, et que tous tes rêves voient le jour. Je suis très fière de toi. Je t'aime beaucoup.

A mon mari Hamza El-agy

Nul mot ne saurait exprimer la profondeur de mes sentiments et l'estime que j'ai pour toi ; ton amour pour moi est un don d'ALLAH Tu m'as toujours soutenu, compris et réconforté, tu as toujours été là aux petits soins, Je te remercie profondément pour ta tendresse, ton attention, ton amour et tes encouragements. Merci pour tout. Je passe à tes cotées des moments les plus agréables à vivre. En témoignage de ma grande affection, je te prie de trouver dans ce travail l'expression de mon sincère attachement. Que nos liens restent toujours solides et que ALLAH nous comble de bonheur et nous aide à réaliser tous nos objectifs.... Que Dieu te protège, te préserve du mal et t'accorde la sante, la réussite et te procure la longue vie.

A la mémoire de ma chère grand-mère Zahra Bouzid

A celle qui a toujours été dans mon esprit et dans mon cœur. J'aurais tellement aimé que tu sois là et que tu puisses être fière de moi. Je n'ai jamais eu l'occasion d'exprimer mon amour et mon attachement envers toi jaddati et j'aurai aimé le faire en ta présence, je prie ALLAH de nous réunir au paradis et te prendre dans mes bras encore une fois, je te dédie aujourd'hui ce travail. Qu'Allah, le miséricordieux t'accueille dans son éternel paradis.

”اللهم ارحمها و اغفر لها و انظر إليها بعين لطفك و كرمك يا أرحم الراحمين“

A ma grand-mère Fatimezahra Hadimi

A celle que j'ai toujours qualifié comme la personne la plus sage au monde. Ces quelques mots ne suffiront jamais pour décrire tout mon amour et mon attachement, et tu le sais déjà, merci pour tes encouragements, tes prières et ton inconditionnelle amour, tu as toujours été ma deuxième maman, Tu as toujours su donner et donner sans compter. Qu'ALLAH te protège, te préserve du mal et t'accorde-la sante et te procure la longue vie. Je t'aime Imima

A ma tante Zakia Delmaki

Merci pour tes encouragements, ta confiance, ton amour et ton aide qui m'est très précieux. J'espère que tu trouveras dans la dédicace de ce travail, le témoignage du respect et la reconnaissance que je te porte chère tante.

A ma cousine Chaïmae Elhoussaini

A la cousine, la sœur, la copine et la confidente, à celle qui a partagé mes moments de joie, de réussite et d'échec, merci pour ta présence, tes encouragements et ton support j'espère que tu trouveras dans la dédicace de ce travail, le témoignage de la reconnaissance que je te porte sœurlette

A toute la famille Delmaki et Labroumi

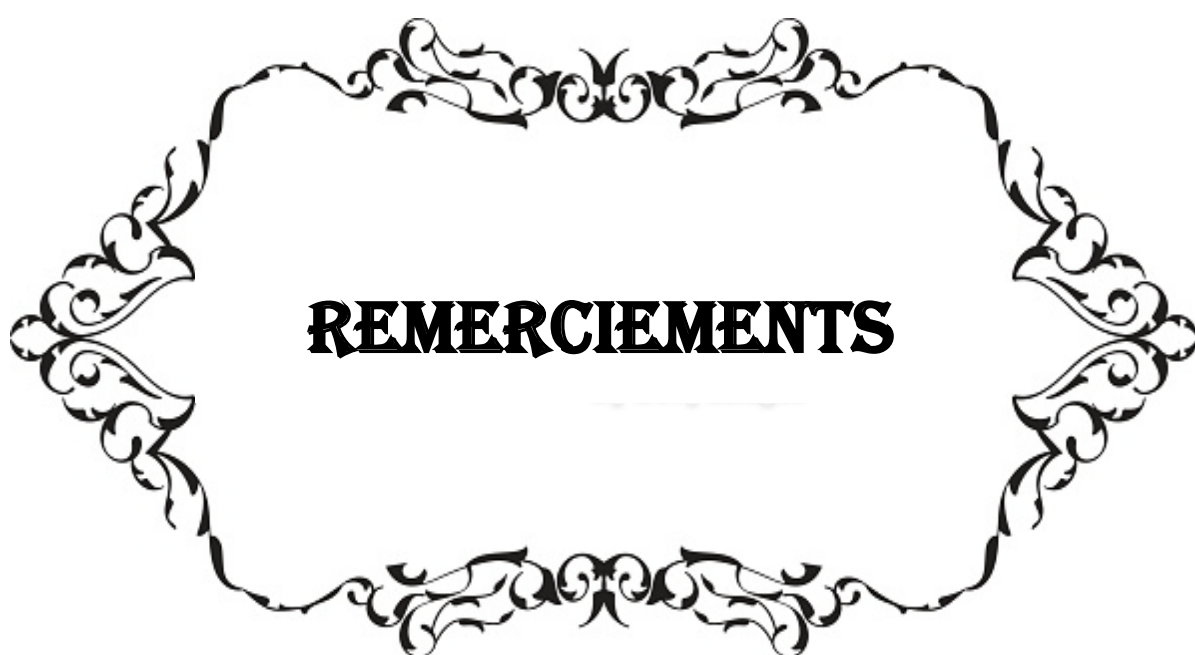
Merci de m'avoir soutenu et épaulé pendant mes 8ans, j'espère que vous trouverez dans la dédicace de ce travail, le témoignage de la reconnaissance et l'amour que je vous porte

*A mes très chères amies d'enfance Soukaïna Hiba Basma Kaoutar
En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables
que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail
l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus
sincère.*

*A mes chères amies et marraines de guerre :
Sara eddibi, Rania dassoufi ,Yosra elhilali , Ichrak el harmouchi
„Soukaïna el asri , Sara chtiouï, Chaïmae derrazi.
A tous les moments que nous avons passés ensemble à l'hôpital et ailleurs,
à tous nos souvenirs ! Je vous souhaite à tous une longue vie pleine de
bonheur et de prospérité. Je vous dédie ce travail en témoignage de ma
reconnaissance et de mon respect. Merci pour tous les moments
formidables qu'on a partagés.*

*À tous mes enseignants depuis la maternelle jusqu'à mon cursus
universitaire
Que ce travail vous apporte l'estime et le respect que je porte à votre
égard, et soit la preuve du désir que j'avais depuis toujours de vous
honorer.*

*Et finalement
A tous ceux dont l'oubli de la plume n'est pas celui du cœur. A tous ceux
qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*



REMERCIEMENTS

A mon maître et Président de thèse :

Mr. SAIDI Halim

*Professeur d'enseignement supérieur et chef du service
de traumatologie-orthopédie au CHU Mohammed VI de Marrakech*

*Pour le grand honneur que vous nous faites en acceptant de juger et de
présider ce travail de thèse. Votre sérieux, votre compétence et votre sens
du devoir nous ont énormément marqués.*

*Veillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération et
notre profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et
humaines.*

*Ce travail est pour nous l'occasion de vous témoigner notre profonde
gratitude.*

A mes deux maîtres et Rapporteurs de thèse :

Mr. BENHIMA Mohamed Amine

*Professeur d'enseignement supérieur de traumatologie-orthopédie
au CHU Mohammed VI de Marrakech*

C'est avec un grand plaisir que je me suis adressée à vous dans le but de bénéficier de votre encadrement et j'étais très touchée par l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de me confier ce travail.

C'est grâce à vous professeur qu'en première année j'ai pu découvrir les notions de base en anatomie ; par votre aide aussi que j'ai pu découvrir l'art de la traumatologie. Vos staffs, vos visites et vos matinées au bloc m'ont été d'un très grand bénéfice, merci de m'avoir guidé, orienté tout au long de mon passage au service, là où je garde les plus beaux souvenirs de mon cursus universitaire, votre service était une source d'apprentissage inépuisable merci de m'avoir donné le privilège de choisir la traumatologie pour clôturer le premier chapitre de ma vie estudiantine.

Vous m'avez toujours réservé le meilleur accueil malgré vos obligations professionnelles.

Par votre rigueur, votre dynamisme et votre passion dans l'exercice de votre métier, vous avez su me communiquer le désir d'offrir le meilleur de soi-même. Vous m'avez fait un grand honneur en acceptant de me confier la responsabilité de ce travail.

Je vous en remercie profondément.

Je vous suis très reconnaissante pour tout le temps et les sacrifices que vous avez dû faire aux dépens de votre travail et de vos obligations, Pour tous vos efforts incomparables, pour toutes ces informations si précieuses, gratuitement livrées, ainsi que pour vos encouragements, vos conseils judicieux, et vos remarques hors-paires. Vos qualités humaines exemplaires, votre compétence et votre dévouement sont pour moi un exemple à suivre dans l'exercice de la profession médicale.

J'espère avoir été à la hauteur de votre confiance et de vos attentes. Veuillez trouver ici, cher maître, le témoignage de ma gratitude, et de ma plus haute considération.

ET

Mme. Miriem GHAZI

Professeur agrégé de rhumatologie

A L'hôpital militaire Avicenne de Marrakech

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de contribuer à la direction de ce travail, Sans votre orientation, votre humble aide et la contribution de votre service sous votre direction, ce travail n'aurait jamais vu le jour.

Je vous suis reconnaissante pour avoir accepté de diriger ce modeste travail. Je vous remercie pour la confiance que vous avez bien voulu m'accorder. Vos conseils et vos encouragements pendant le processus de réalisation du projet ont été inestimables.

Il m'est particulièrement agréable de vous exprimer ici ma profonde gratitude et mes respects les plus sincères.

Je remercie sincèrement à travers vous professeur tout le personnel du service de rhumatologie de l'hôpital militaire Avicenne. Je remercie en particulier madame nezha Bouzekraoui, monsieur salah ouzafra et le technicien informaticien monsieur khalid snadi de m'avoir épaulé et aidé lors de mes premiers stades d'études et de m'avoir facilité l'exploitation de la base de données.

A mon maître et juge de thèse

Mr. NIAMANE Redouane

Professeur d'enseignement supérieur de rhumatologie

L'hôpital militaire Avicenne de Marrakech

Je vous rends hommage pour votre grand sens du sérieux, vos qualités humaines ainsi que vos compétences en tant que médecin et enseignant qui font votre réputation. Veuillez cher maître, trouver dans ce travail, le témoignage de ma gratitude, ma haute considération et mon profond respect.



FIGURES & TABLEAUX

Liste des figures

- Figure 1** : Répartition des patients
- Figure 2** : L'appareil d'ostéodensitométrie type lunar prodigy du service de rhumatologie HMA
- Figure 3** : L'appareil d'ostéodensitométrie type lunar prodigy du service de rhumatologie HMA
- Figure 4** : Logiciel lunar prodigy enCORE 2006 Version 10.57.006.
- Figure 5** : L'angle cervico diaphysaire sur image d'ODM du côté controlatéral chez un patient fracturé
- Figure 6** : La longueur de l'axe de la hanche sur image d'ODM du côté controlatéral chez un patient fracturé
- Figure 7** : La longueur de l'axe du col sur image d'ODM du côté controlatéral chez un patient fracturé
- Figure 8** : Le diamètre du col fémoral sur image d'ODM du coté controlatéral chez un patient fracturé
- Figure 9** : Le diamètre de la tête fémorale sur image d'ODM du coté controlatéral chez un patient fracture
- Figure 10** : Les paramètres géométriques du fémur proximal rassemblés sur une radiographie de hanche face
- Figure 11** : Répartition selon l'âge
- Figure 12** : Répartition selon le sexe
- Figure 13** : Répartition des femmes selon la ménopause
- Figure 14** : Répartition selon l'IMC
- Figure 15** : Répartition selon le mécanisme de la fracture
- Figure 16** : Répartition selon les étiologies
- Figure 17** : Répartition selon le type de fracture
- Figure 18** : Répartition des témoins selon l'âge
- Figure 19** : Répartition des témoins selon le sexe
- Figure 20** : Répartition des témoins selon la ménopause
- Figure 21** : Répartition des témoins selon l'IMC
- Figure 22** : Angle cervico-diaphysaire (35)

- Figure 23** : Structure de l'épiphyse proximale du fémur
- Figure 24** : Architecture de l'extrémité supérieure du fémur(36)
- Figure 25** : zone de moindre résistance (36)
- Figure 26** : vue générale du squelette du membre inférieur
- Figure 27** : Système porte à faux comparé à une potence
- Figure 28** : Les colonnes de Pauwels (39)
- Figure 29** : Les contraintes mécaniques de l'extrémité supérieure du fémur (ESF) (40)
- Figure 30** : Modification du profil trabéculaire du fémur proximal (41)
- Figure 31** : La biomécanique de la longueur de l'axe du col et de l'angle cervico-diaphysaire dans la fracture de hanche
- Figure 32** : Evolution de la géométrie des os tubulaires au cours du vieillissement chez les hommes et chez les femmes(85)

Liste des tableaux

Tableau I	: Répartition selon le type de fracture
Tableau II	: Tableau récapitulatif des moyennes mesurées pour la fracture de la hanche
Tableau III	: Moyenne de la densité minérale osseuse
Tableau IV	: Étude de l'ostéoporose
Tableau V	: Tableau de corrélation
Tableau VI	: Tableau de régression logistique
Tableau VII	: Moyenne et signification des NSA dans différentes études
Tableau VIII	: Différence de la HAL entre les patients fracturés et les témoins dans la littérature
Tableau IX	: Différence de la FNAL entre les patients fracturés et les témoins dans la littérature
Tableau X	: Différence du FND entre les patients fracturés et les témoins dans la littérature
Tableau XI	: Différence de la DMO entre les groupes fracturés et non fracturés dans la littérature



ABRÉVIATIONS

Liste des abréviations

FESF : Fracture de l'extrémité supérieure du fémur

DMO : Densité minérale osseuse

ESF : Extrémité supérieure du fémur

ODM : Ostéodensitométrie

Concernant les mesures, et pour l'intérêt de notre étude nous avons adopté les abréviations anglo-saxonnes afin de faciliter la discussion à la lumière des données de la littérature

HAL : Longueur de l'axe de la hanche (Hip Axis Length)

FNAL : Longueur de l'axe du col du fémur (Femoral Neck Axis Length)

FHD : Diamètre de la tête du fémur (femoral head diameter)

FND : Diamètre du col du fémur (Femoral neck diameter)

NSA : Angle cervico-diaphysaire (neck shaft angle)

DXA : Absorptiométrie biphotonique aux rayons X



INTRODUCTION	1
MATERIELS ET METHODES	4
I. Présentation de l'étude.....	5
II. Hypothèses	5
III. Population cible.....	6
1. Critères d'inclusion	6
2. Critères d'exclusion.....	6
3. Population témoin.....	7
IV. Méthodes.....	7
1. Base de données et logiciels.....	8
2. Déroulement de l'étude.....	8
3. Techniques de mesure	9
4. Description de la série.....	15
5. Description de la population témoin	19
6. Fiche d'exploitation.....	21
RESULTATS	22
I. Les paramètres morphologiques du fémur proximal.....	23
1. Angle cervico-diaphysaire (NSA).....	23
2. Longueur de l'axe de la hanche (HAL).....	23
3. Longueur de l'axe du col (FNAL).....	23
4. Diamètre du col (FND).....	24
5. Diamètre de la tête fémorale (FHD).....	24
6. Ratio : diamètre du col/ diamètre de la tête fémorale.....	24
7. Ratio : diamètre du col/longueur de l'axe du col.....	24
II. La densité minérale osseuse.....	25
III. Corrélation entre les paramètres.....	26
IV. Etude du risque de fracture.....	27
DISCUSSIONS	28
I. Rappel physiologique et biomécanique.....	29
1. Rappel anatomique.....	29
2. Architecture interne de l'extrémité supérieure du fémur.....	30
3. Biomécanique de l'extrémité supérieure du fémur.....	33
4. Densité minérale osseuse	36
II. Paramètres morphologiques.....	37
1. Angle cervico-diaphysaire (NSA).....	38
2. Longueur de l'axe de la hanche (HAL).....	39
3. Longueur de l'axe du col.....	41
4. Diamètre du col (FND).....	42
5. Diamètre de la tête fémorale (FHD).....	44
6. Ratio : Diamètre du col / Longueur de l'axe du col (FND/FNAL).....	45
7. Ratio : Diamètre du col fémoral /Diamètre de la tête fémorale (FND/FHD).....	45

III. La densité minérale osseuse.....	46
IV. Corrélation de la DMO avec les paramètres géométriques.....	47
V. Les limites de l'étude.....	49
CONCLUSION.....	50
ANNEXES.....	52
RESUMES.....	64
BIBLIOGRAPHIE.....	71

A decorative frame with intricate scrollwork and floral patterns surrounds the word "INTRODUCTION". The frame is rectangular with rounded corners and a central opening. The word "INTRODUCTION" is written in a bold, black, serif font, centered within the frame. Below the word, there is a small horizontal line.

INTRODUCTION

Les fractures de l'extrémité supérieure du fémur (FESF) représentent un motif fréquent d'admission dans les établissements de soins (1). En effet, elles représentent la complication la plus fréquente et la plus onéreuse de l'ostéoporose (2,3). En outre, son retentissement socio-économique est considérable, compromettant le pronostic vital à court et à moyen terme que ce soit chez le sujet âgé ou le sujet jeune.

Les FESF représentent un véritable problème de santé publique, vu leur incidence qui ne cesse de croître du fait du vieillissement de la population (4,5). En effet, il y avait environ 1500000 patients avec FESF dans le monde en 2000, et on estime que ce nombre pourrait grimper à 6 260 000 en 2050 (6,7). Alors qu'au Maroc, 4327 FESF ont été enregistrées durant l'année 2010, avec une incidence de 60,6 pour 100.000 personnes-années chez les femmes et 56,6 chez les hommes(8).

La distribution de l'incidence dans la population est bimodale. Elle présente un premier pic de fracture chez les sujets jeunes moins de 35 ans lié aux traumatismes de haute énergie, et un second pic chez les sujets âgés lié à la fragilité osseuse(9).

La prise en charge des FESF est multidisciplinaire. Elle fait appel dans la majorité des cas à un traitement chirurgical qui permettra un lever et une reprise de l'autonomie précoce. Malgré cela, les fractures du fémur proximal sont associées à un taux de morbidité et mortalité très élevé (10), d'où l'intérêt de la prévention. Cette dernière commencerait par l'identification des facteurs de risques sur lesquels nous pourrions intervenir. Le plus connu de ces facteurs est l'ostéoporose. En effet, les études ont démontré que la baisse de la masse osseuse est le principal facteur de risque de la FESF (11-17).

D'autres facteurs de risques pourraient intervenir en dehors de la densité minérale osseuse (DMO), notamment la morphologie de l'extrémité osseuse (14,18-26). Les premières tentatives de la compréhension du rôle de la morphologie comme facteur de risque dans la survenue de la FESF avaient été entreprises par Phillips et al (27) en utilisant des calculs sur l'imagerie radiographique. Par ailleurs, Martin et Burr (28) ont utilisé l'absorptiométrie

photonique à double énergie. Alors que Beck et al(15) ont basé leur étude sur les données extraites des nouveaux absorbeurs de rayons X biphotonique à double énergie.

Il est actuellement admis que les études devraient combiner les paramètres morphologiques tels que la longueur de l'axe de la hanche, la longueur du col fémoral , le diamètre du col fémoral, l'angle cervico diaphysaire (29) avec la DMO pour prédire les fractures du fémur proximal.

L'objectif de notre étude est d'élucider la relation entre les facteurs de risques morphologiques et les fractures du fémur proximal.



**MATERIELS
&
METHODES**

I. Présentation de l'étude

Il s'agit d'une étude cas-témoins menée de façon prospective portant sur 50 cas de FESF et 100 cas témoins appariés sur l'âge et le sexe. L'étude est réalisée aux services de traumatologie orthopédie de l'hôpital Arrazi, traumatologie orthopédie de l'hôpital Ibn Tofail, traumatologie orthopédie de l'hôpital militaire Avicenne du CHU MOHAMED IV et en collaboration avec le service de rhumatologie de l'hôpital militaire Avicenne. Cette étude couvre une période de 18mois allant de septembre 2018 à février 2020.

L'objectif de l'étude est de :

- Déterminer les différences morphologiques du fémur proximal entre la population fracturée et la population témoin non fracturée ;
- Dédire les paramètres géométriques impliqués dans la survenue des FESF ;
- Chercher les facteurs de risques morphologiques des FESF ;
- Chercher la corrélation entre la DMO et les paramètres géométriques.

II. Hypothèses :

Cette étude est basée sur les hypothèses formulées ci-après :

- Il existe une différence morphologique du fémur proximal entre les patients fracturés et les patients non fracturés ;
- Il existe des paramètres géométriques impliqués dans la survenue des FESF ;
- Il existe des facteurs de risques morphologiques qui prédisent les FESF ;
- Il existe une corrélation entre la DMO et les paramètres géométriques.

III. Population cible

Cette étude a été conduite chez l'ensemble des patients présentant des fractures du col fémoral et du massif trochantérien comparés à une population témoin saine.

La taille de l'échantillon a été calculée par rapport aux paramètres géométriques les plus répandus dans la littérature. Nous avons obtenu 50 sujets fracturés contre 100 sujets témoins en utilisant la longueur de l'axe du col, ceci en arrondissant les valeurs, avec une puissance de 90% et un risque alpha de 5%.

1. Critères d'inclusion :

- Patients hospitalisés pour une fracture du col fémoral ou du massif trochantérien ;
- Age supérieur à 20ans ;
- Délai entre la fracture et l'ostéodensitométrie inférieur à 3mois ;
- Coté controlatéral sain (pas de cal vicieux ni chirurgie antérieure).

2. Critères d'exclusion

- Patients alités ;
- Patients présentant une anomalie morphologique ou structurale de l'ESF : tumeur osseuse bénigne ou maline de l'ESF, ostéomalacie ;
- Patients présentant une affection générale pouvant altérer la résistance ou le métabolisme de l'os : patients atteints d'un cancer, patients suivis pour des maladies chroniques (rénal, pulmonaire ou cardiaque), patients traités pour maladie rhumatismale ;
- Patients avec un antécédent de remplacement prothétique de la hanche ;
- Patient sous biphosphonate ou œstrogène ou calcitonine depuis plus de 6mois ;
- Patients sous glucocorticoïde depuis plus de 3mois.

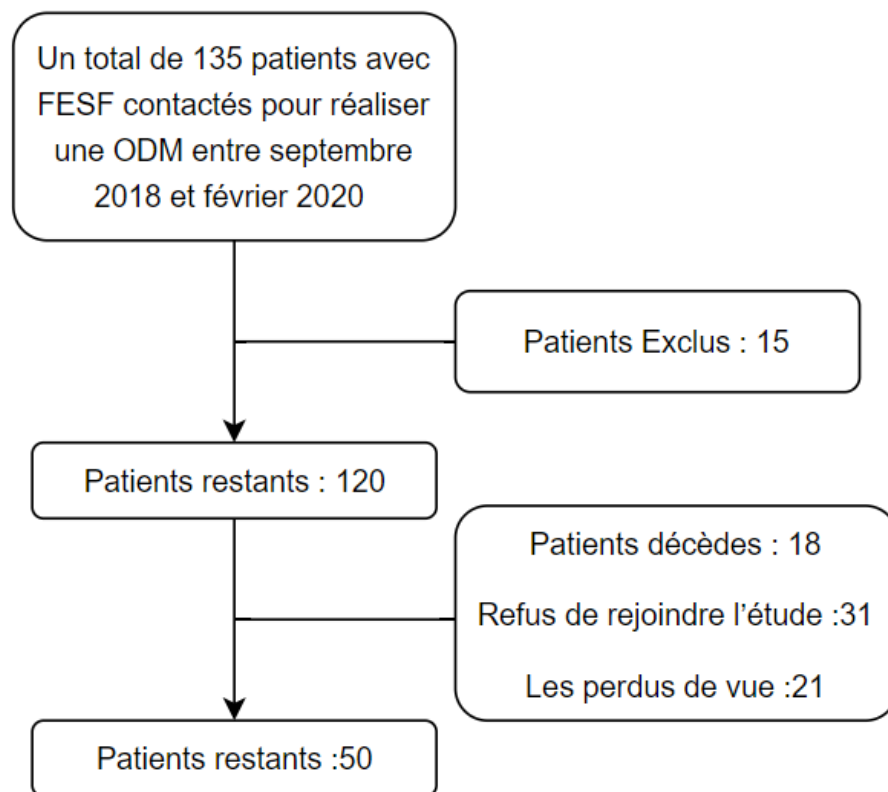


Figure 1 : Répartition des patients

3. Population témoin

Le groupe témoin est composé de patients ayant bénéficié d'une ODM au service de rhumatologie HMA lors d'une évaluation de santé de routine et qui ont été appariés sur l'âge et le sexe aux patients fracturés.

IV. Méthodes

Notre méthodologie de travail et nos calculs statistiques ont été réalisés et agréés par le service de santé publique, médecine communautaire et Epidémiologie du CHU MOHAMED IV à MARRAKECH.

1. Base de données et logiciels

Afin de bien mener notre étude, nous avons exploité les bases de données et logiciels mis à disposition par les établissements participant à l'étude.

1.1. Base de données :

Les patients non fracturés ont été recrutés des archives du service rhumatologie HMA.

1.2. Logiciels pour traitement des données :

- Microsoft office Word 2016
- Microsoft office Excel 2016
- Microsoft office PowerPoint 2016
- Lunar prodigy enCORE2006
- Zotero (insertion bibliographique)
- SPSS 25

2. Déroulement de l'étude

Dans un premier temps, nous avons contacté les patients hospitalisés aux services de traumatologie orthopédie de l'hôpital ARRAZI, l'hôpital IBN TOFAIL et l'hôpital AVICENNE du CHU MOHAMED IV pour FESF. Ensuite, nous avons convoqué ces derniers pour faire une ODM au service de Rhumatologie HMA afin de calculer la DMO et mesurer les paramètres géométriques de l'ESF au niveau de la hanche controlatérale à la fracture. Par la suite, nous avons consulté les archives du service de rhumatologie HMA pour sélectionner la population témoin appariée sur l'âge et le sexe avec notre population fracturée. Les renseignements ont été répertoriés sur une fiche d'exploitation puis via Excel et finalement sur SPSS afin de comparer nos résultats avec ceux de la littérature.

3. Techniques de mesure :

3.1. Appareil de mesure

La mesure de la DMO ainsi que les paramètres géométriques ont été mesurés sur la hanche saine grâce à l'ostéodensitométrie biphotonique (Figure 2Figure 3) par ostéodensitomètre DEXA lunar 2006 Version 10.57.006. (Figure 4); Logiciel lunar prodigy enCORE 2006 Version 10.57.006.



Figure 2: L'appareil d'ostéodensitométrie type lunar prodigy du service de rhumatologie HMA



Figure 3 : L'appareil d'ostéodensitométrie type lunar prodigy du service de rhumatologie HMA



Figure 4: Logiciel lunar prodigy enCORE 2006 Version 10.57.006.

a. Position :

Le patient est positionné en décubitus dorsal au centre de la table avec les membres inférieurs en extension et en rotation interne de 15°.

b. Principe :

La mesure se fait grâce à l'atténuation de deux rayons X par le corps humain. La valeur obtenue est proportionnelle au contenu minéral osseux du segment osseux considéré. Les appareils de l'absorptiométrie biphotonique aux rayons X (DXA) mesurent le contenu minéral osseux rapporté à une surface. Il s'agit donc d'une densité surfacique (exprimée en g/cm²). Le temps de mesure est d'environ 2 minutes pour la colonne vertébrale, la hanche ou le radius (30).

c. Sécurité :

La DXA provoque une irradiation de l'ordre de 5 à 20 microsievverts par examen. En comparaison à l'irradiation provoquée par une radiographie pulmonaire qui est de 100 microsievverts. (30)

d. Les contre-indications sont (30) :

- La grossesse ;
- Un examen récent (< 72 h) avec un produit de contraste ;
- Un examen scintigraphique récent (< 48 h) ;
- Un matériel radio-opaque.

Le choix de l'ODM comme outil de mesure est fait selon une balance bénéfice-risque et présente les avantages suivants :

- Possibilité de mesurer simultanément les paramètres géométriques et la DMO d'une façon automatique ;
- Examen non invasif ;
- De très faible irradiation ;
- Disponible ;
- Rapide ;
- Reproductible ;

Cependant la DXA présente les inconvénients suivants :

- La valeur absolue de la DMO et des paramètres géométriques varie avec le type de l'appareil, l'opérateur et la position du patient(31) ;
- La DMO varie chez le même sujet selon le site de mesure (30).

3.2. La densité minérale osseuse (DMO)

La DMO a été calculée par l'ostéodensitométrie au niveau du col, du trochanter, et du triangle de Ward et interprétée selon le T-score.

D'après l'OMS l'interprétation de l'ostéoporose basée sur le T-score est définie comme la différence en écart-types, entre la densité osseuse mesurée et la densité osseuse théorique de l'adulte jeune de même sexe, au même site osseux et de la même origine ethnique (32). Elle est classée comme suit :

- **Normale** : DMO supérieure à la « moyenne de référence chez l'adulte jeune moins un écart-type » ($T \text{ score} > - 1$) ;
- **Ostéopénie** : DMO comprise entre la « moyenne de référence chez l'adulte jeune moins un écart-type » et la « moyenne de référence chez l'adulte jeune moins 2,5 écarts-types » ($- 2,5 < T \text{ score} < - 1$) ;
- **Ostéoporose** : DMO inférieure à la « moyenne de référence chez l'adulte jeune moins 2,5 écarts-types » ($T \text{ score} < - 2,5$) (32).

3.3. Les paramètres géométriques

Les paramètres géométriques de l'ESF ont été calculés grâce à l'ODM d'une manière automatisée par le logiciel :

- **Angle cervico-diaphysaire (NSA)** : c'est l'angle entre l'axe du col du fémur et de la diaphyse fémorale (33). (figure5)



Figure 5 : L'angle cervico diaphysaire sur image d'ODM du côté controlatéral chez un patient fracturé

- **Longueur de l'axe de la hanche (HAL, Hip Axis Length) :** C'est la distance entre le bord inféro-externe du grand trochanter et la ligne ilio-pubienne selon une ligne parallèle au grand axe du col.(33) (Figure 6).



Figure 6 : La longueur de l'axe de la hanche sur image d'ODM du côté controlatéral chez un patient fracturé

- **Longueur de l'axe du col du fémur (FNAL, Femoral Neck Axis Length) :** c'est la distance entre l'axe du fémur et le centre de la tête fémorale tout au long de l'axe du col fémoral (33) (Figure 7)

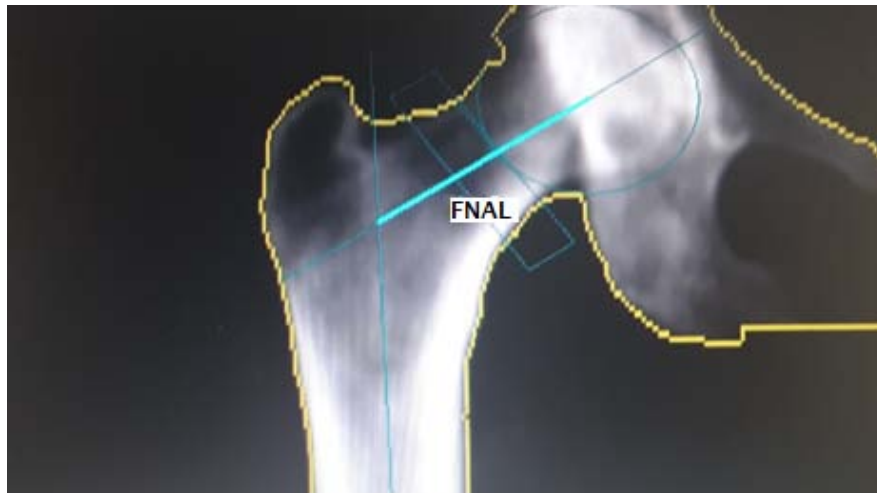


Figure 7 : La longueur de l'axe du col sur image d'ODM du côté controlatéral chez un patient fracturé

- **Diamètre du col du fémur (FND ; Femoral neck diameter) :** il est mesuré perpendiculairement à l'axe FNAL et mesuré à la partie la plus étroite du col (Figure 8).



Figure 8 : Le diamètre du col fémoral sur image d'ODM du coté controlatéral chez un patient fracturé

- **Diamètre de la tête du fémur (FHD femoral head diameter):** il est mesuré au centre de la tête fémorale au long de l'axe du col fémoral (33).(Figure 9)



Figure 9 : Le diamètre de la tête fémorale sur image d'ODM du coté controlatéral chez un patient fracture

- **Ratio du diamètre du col fémoral / longueur de l'axe du fémur.**
- **Ratio du diamètre du col fémoral / diamètre de la tête fémorale.**

La figure suivante illustre le résumé des paramètres géométriques mesurés au cours de notre étude au niveau du fémur proximal :

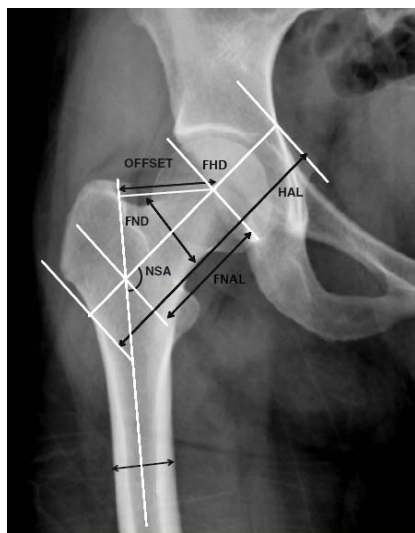


Figure 10 : Les paramètres géométriques

du fémur proximal rassemblés sur une radiographie de hanche face (33)

4. Description de la série

4.1. Age

Dans notre série, l'âge des patients variait entre 21 ans et 90 ans. La moyenne d'âge était de 63,98 ans avec une prédominance de la tranche [50, 59] (Figure 11).

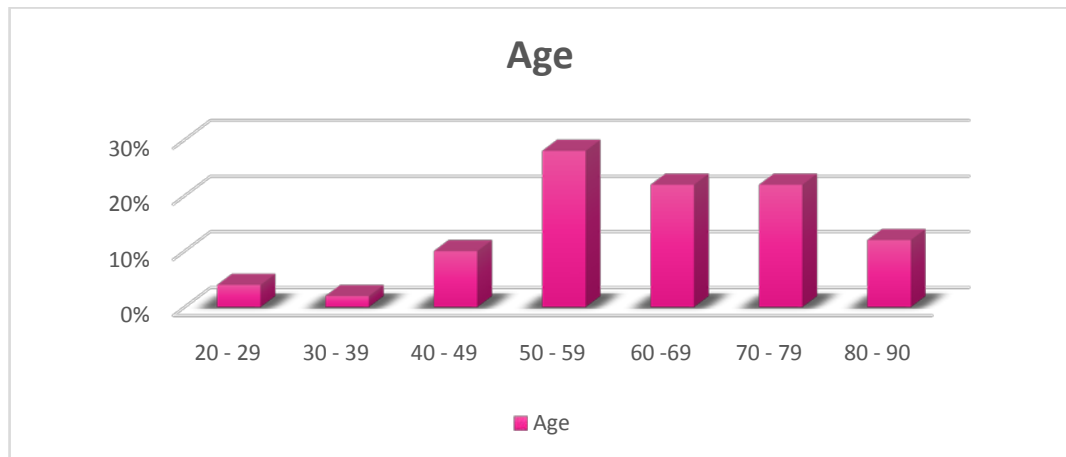


Figure 11 : Répartition selon l'âge

4.2. Sexe

Dans notre étude, il y'avait une légère prédominance masculine, avec 23 femmes soit (46%) et 27 hommes soit (54 %) (Figure 12).

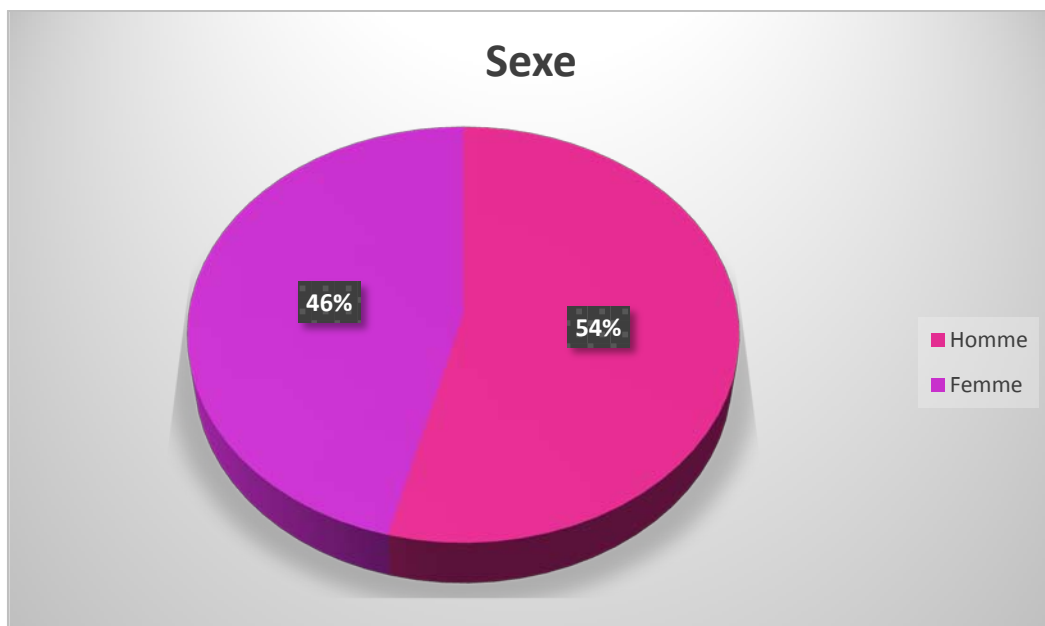


Figure 12 : Répartition selon le sexe

4.3. Ménopause

Parmi les 23 femmes fracturées, 95,7% étaient ménopausées (Figure 13).

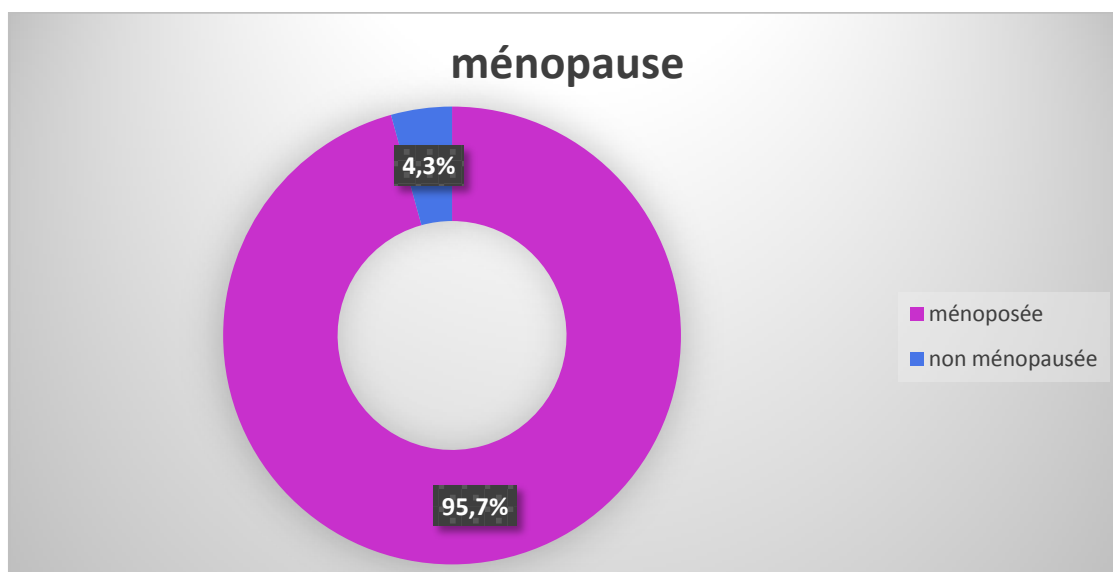


Figure 13 : Répartition des femmes selon la ménopause

4.4. IMC

L'IMC de nos patients variait entre 14,8 et 38,1 et la moyenne était de 23,66. Avec une prédominance de la tranche [18,25] (Figure 14).

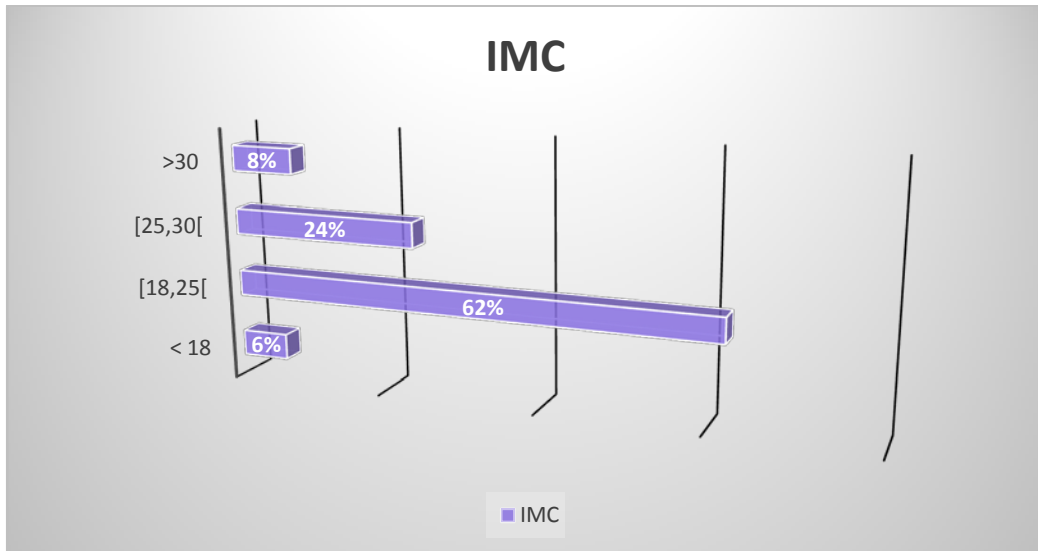


Figure 14 : Répartition selon l'IMC

4.5. Mécanisme de la fracture

Dans notre étude, 19 fractures étaient de haute énergie soit (38%) alors que 31 fractures sont de basse énergie soit (62%) (Figure 15).

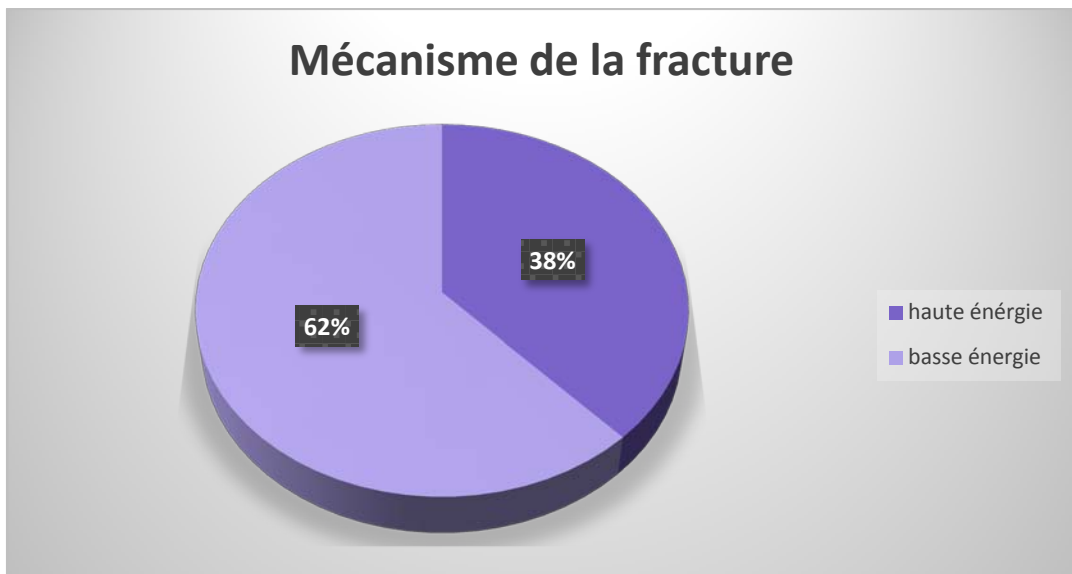


Figure 15 : Répartition selon le mécanisme de la fracture

4.6. Etiologies

Dans notre étude, les étiologies de la FESF se répartissent comme suit : 63% chute de sa hauteur, 28% AVP, 8,2% chute d'un niveau supérieur à 2 mètres (Figure 16)

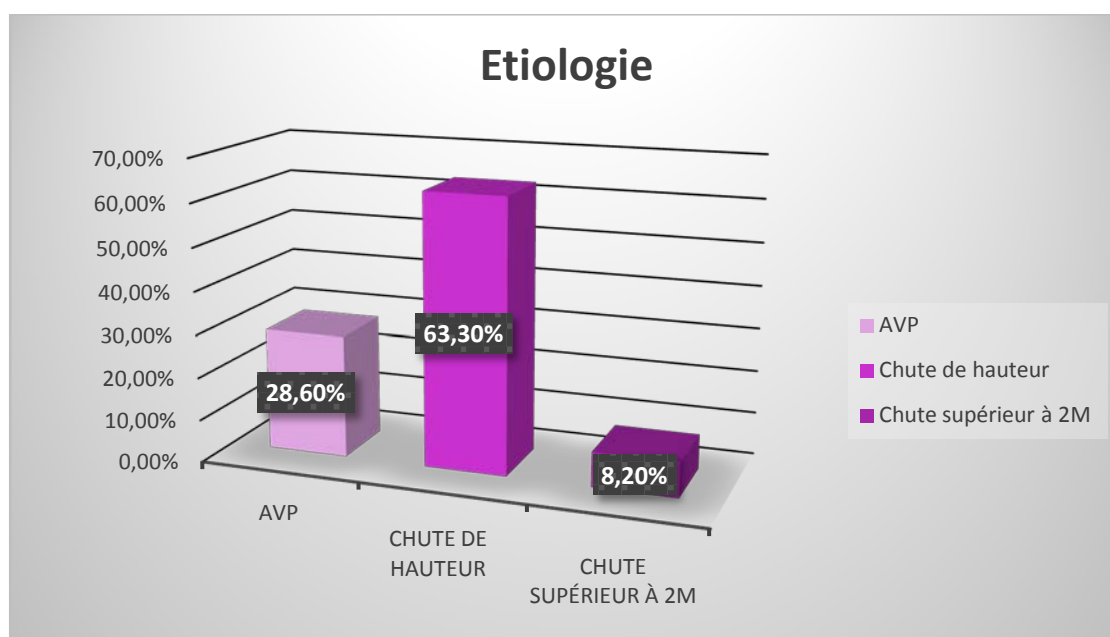


Figure 16 : Répartition selon les étiologies

4.7. Type de fractures

Dans notre série, les fractures sont réparties en deux groupes : 23 cas de fractures du col soit 46% et 27 cas de fractures trochantériennes soit 54% (tableau 1 et figure 17).

Tableau I : Répartition selon le type de fracture

Type de fracture	Nombre	Pourcentage
Col	23	46%
Trochanter	27	54%
Totale	50	100%

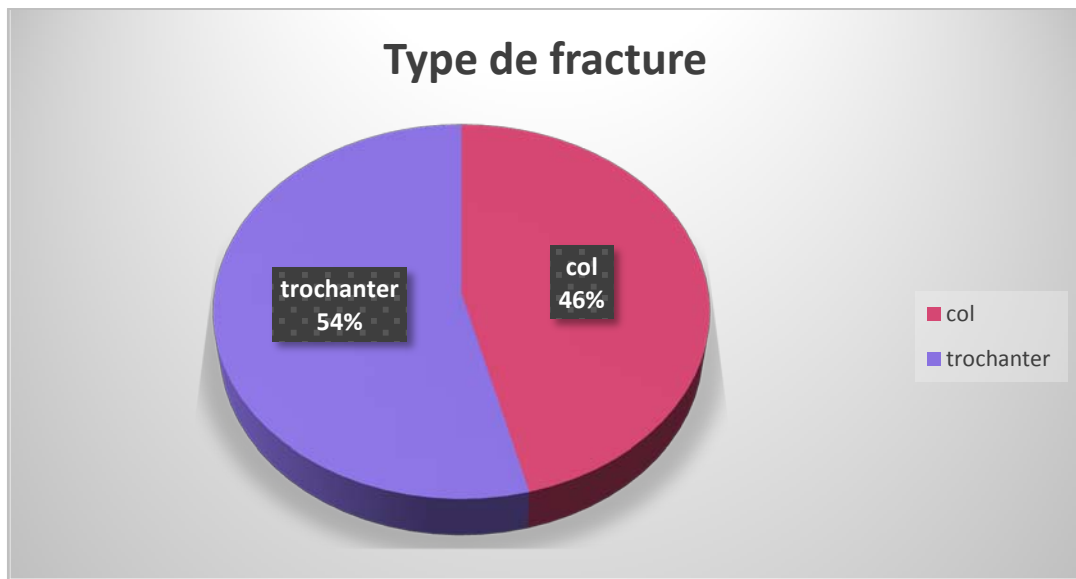


Figure 17 : Répartition selon le type de fracture

5. Description de la population témoin :

5.1. L'âge

Chez nos témoins, l'âge des patients varie entre 21 ans et 89 ans. La moyenne d'âge était de 63,67 ans, avec une prédominance de la tranche d'âge [60,69] (Figure 18).

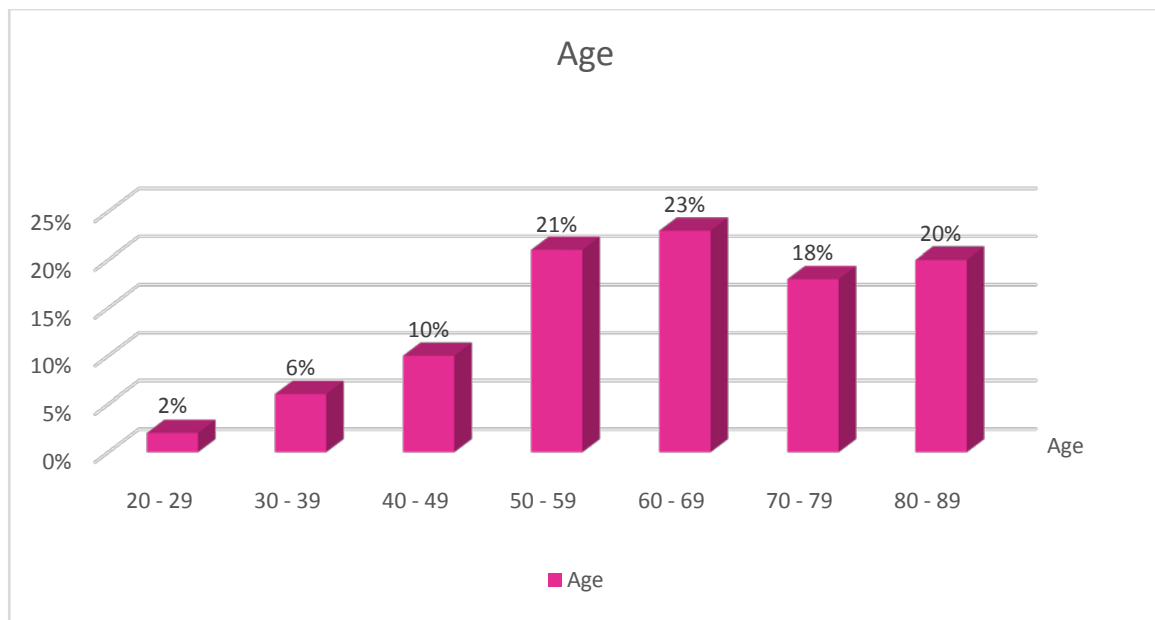


Figure 18 : Répartition des témoins selon l'âge

5.2. Sexe

Il y avait une prédominance masculine, avec 46 femmes soit (46%) et 54 hommes soit (54 %), soit un sexe ratio de 1,17 (Figure 19).

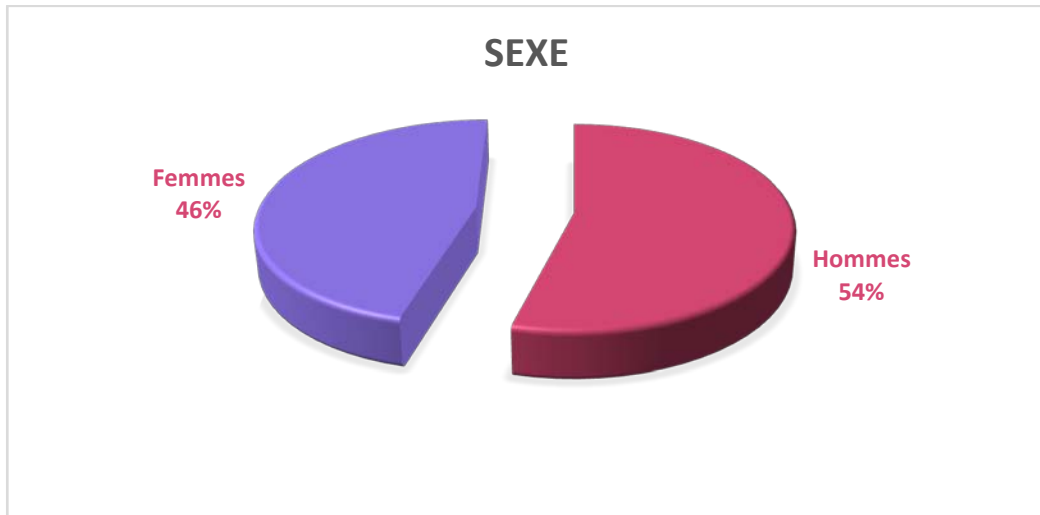


Figure 19 : répartition des témoins selon le sexe

5.3. Ménopause

Parmi les 46 femmes témoins, 86,95% étaient ménopausées (Figure 20).

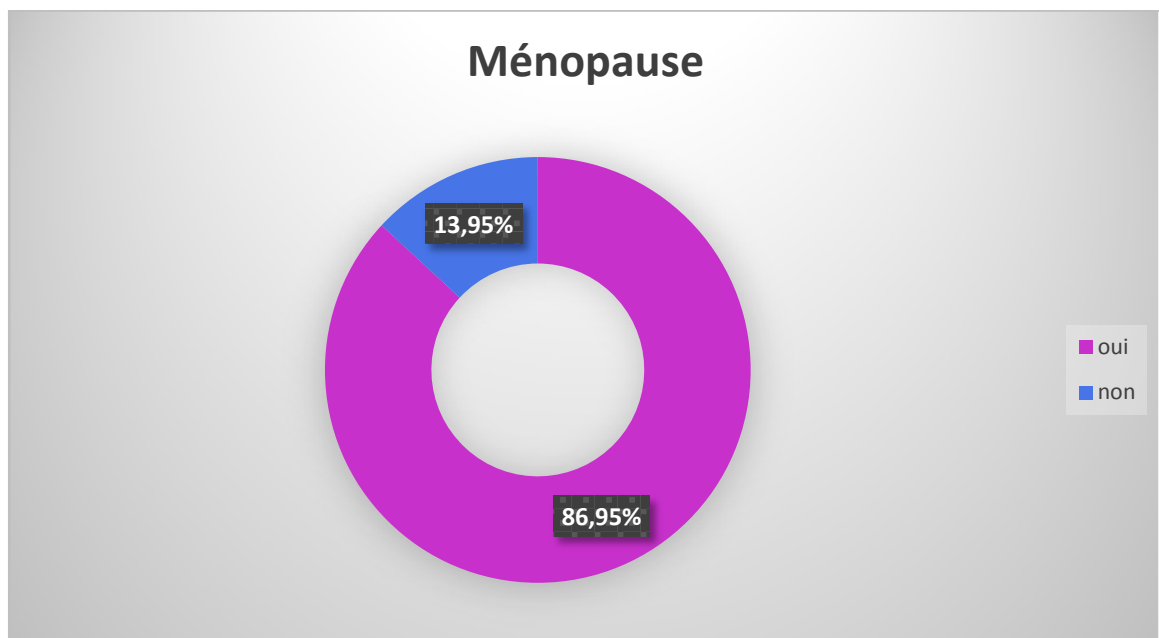


Figure 20 : Répartition des témoins selon la ménopause

5.4. IMC

L'IMC de nos patients variait entre 16,6 et 45,9, et la moyenne était de 26,86 avec une prédominance de la tranche [25,30] (Figure 21).

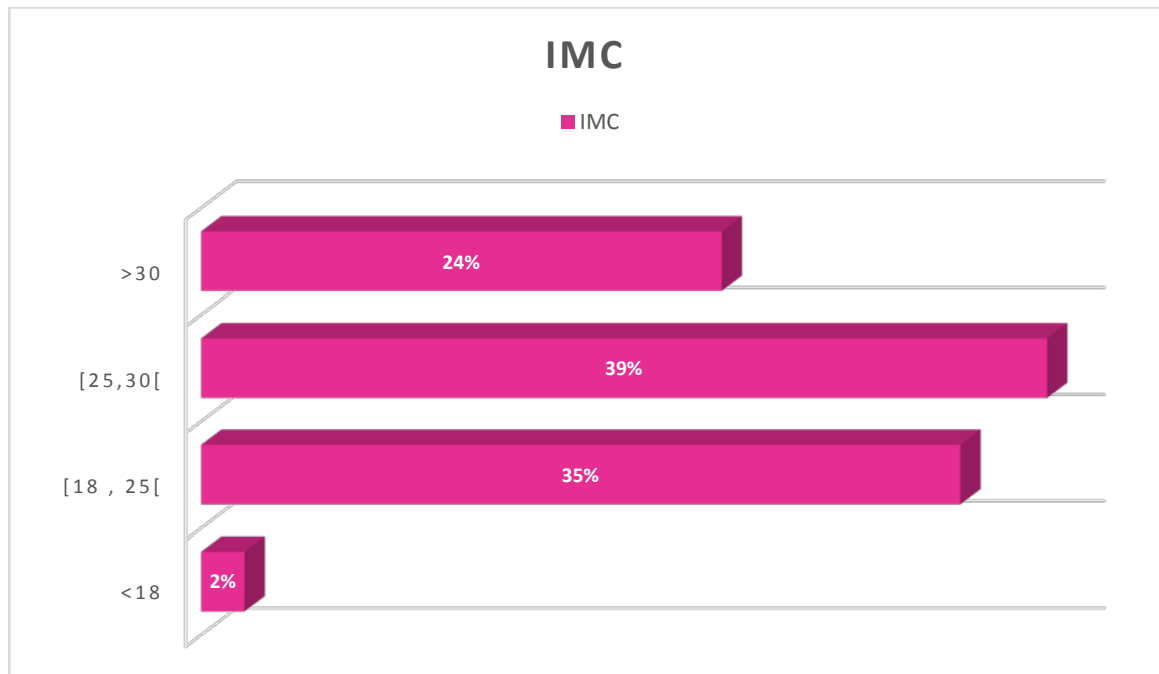


Figure 21 : Répartition des témoins selon l'IMC

6. Fiche d'exploitation (voir annexes)



RESULTATS

I. Les paramètres morphologiques du fémur proximal (voir tableau 2)

1. Angle cervico-diaphysaire (NSA)

La moyenne de l'angle cervico-diaphysaire chez les 50 patients avec FESF valait 124,40° avec des extrêmes allant de 114° à 135°. En revanche chez les 100 sujets témoins, elle était de 121,24° et présentait des extrêmes allant de 111° à 130°.

La différence de NSA était statistiquement significative entre les deux groupes ($p < 0,001$)

2. Longueur de l'axe de la hanche (HAL)

La moyenne de la longueur de l'axe de la hanche chez les 50 patients avec FESF mesurait 108,83 mm avec des extrêmes allant de 83,7mm à 130,6mm. Cependant la moyenne de la HAL chez les 100 patients témoins était de 107,58mm et variait dans un intervalle allant de 83,7mm à 129mm.

La différence de la HAL était Statistiquement non significative entre les deux groupe ($P = 0,90$).

3. Longueur de l'axe du col (FNAL)

La moyenne de la longueur de l'axe du col chez les 50 patients avec FESF était de 50,82mm avec des extrêmes allant de 32,7 mm à 62,2mm. Alors que la moyenne de la FNAL chez les 100 patients témoins était de 47,86mm et variait dans un intervalle allant de 23mm et 62mm.

La différence de la FNAL était statistiquement significative entre les deux groupes ($P = 0,024$).

4. Diamètre du col (FND)

La moyenne du diamètre du col chez les 50 patients avec FESF était de 34,04mm avec des extrêmes allant de 21,4mm à 42,2mm. La moyenne du FND chez les 100 sujets témoins était de 33,8mm avec des extrêmes allant de 23,7mm à 45mm.

La différence du FND était statistiquement non significative entre les deux groupes (P= 0,350).

5. Diamètre de la tête fémorale (FHD)

La moyenne du diamètre de la tête fémorale chez les 50 patients avec FESF était de 40,34mm avec des extrêmes allant de 36,9mm à 44,8mm. La moyenne FHD chez les 100 sujets témoins était de 40,04mm et se limitait entre 36mm à 58,6mm.

La différence du FHD était statistiquement non significative entre les deux groupes (P= 0,887).

6. Ratio : diamètre du col/ diamètre de la tête fémorale

La moyenne du Ratio : diamètre du col/ diamètre de la tête fémorale chez les 50 patients avec FESF était de 0,845. Alors que, la moyenne du ratio FND/FHD chez les 100 sujets témoins était de 0,847.

La différence était statistiquement non significative entre les deux groupes (P= 0,813).

7. Ratio : diamètre du col/longueur de l'axe du col

La moyenne du Ratio: diamètre du col/ longueur de l'axe du col chez les 50 patients avec FESF était de 0,68. Cependant la moyenne du ratio FND/FNAL chez les 100 sujets témoins était de 0,72.

La différence était statistiquement non significative entre les deux groupes (p= 0,120).

Tableau II : Tableau récapitulatif des moyennes mesurées pour la fracture de la hanche

		N	Moyenne	Ecart type	P value
Angle cervico-diaphysaire (NSA)	Témoin	100	121,24	4,34409	<0.001
	Fracturé	50	124,4	4,70345	
Longueur axe hanche (HAL)	Témoin	100	107,582	9,18582	0.90
	Fracturé	50	108,838	16,43233	
Longueur axe col (FNAL)	Témoin	100	47,867	7,57771	0.024
	Fracturé	50	50,822	6,88608	
Diamètre col fémur (FND)	Témoin	100	33,806	3,23469	0,350
	Fracturé	50	34,046	3,33945	
Diamètre tête fémorale (FHD)	Témoin	100	40.04	3.348	0,887
	Fracturé	50	40.34	2.677	
Ratio FND/FHD	Témoin	100	0.847	0,1167	0,813
	Fracturé	50	0.845	0,1191	
Ratio FND/FNAL	Témoin	100	0,7256	0,15153	0,120
	Fracturé	50	0,6838	0,12568	

II. La densité minérale osseuse

La moyenne de la densité minérale osseuse chez les 50 patients avec FESF était de $-1,872$ dans un intervalle allant de $-3,7$ à $0,9$. Alors que chez les 100 sujets témoins elle était de $-0,857$ comprise dans une tranche de $-3,5$ à $2,7$.

La différence de la DMO était statistiquement significative entre les deux groupes ($p < 0,001$).

Tableau III : Moyenne de la densité minérale osseuse

	Patient	Nombre	La moyenne	Ecart type	Valeur P
DMO	Fracturé	50	$-1,872$	1,06177	<0,001
	Témoin	100	$-0,857$	1,40484	

Dans notre série, la fracture est présente chez 44,9% des patients ostéoporotiques et chez 16,4% des patients non ostéoporotiques. D'un autre côté, 55,1% des patients ostéoporotiques et 83,6% des patients non ostéoporotiques ne sont pas fracturés:

TABLEAU IV : ÉTUDE DE L'OSTÉOPOROSE

Patients	Fracturé	Non fracturé
Non ostéoporotique	16.4%	83,6%
Ostéoporotique	44.9%	55,1%

III. Corrélation entre les paramètres

Tableau V : Tableau de corrélation

		Densité minérale osseuse (DMO)	Angle cervico-diaphysaire (NSA)	Longueur axe hanche (HAL)	Longueur axe col (FNAL)	Diamètre col fémur (FND)	Diamètre tête fémorale (FHD)	Ratio FNW/FHD	Ratio FNW/FNAL
Densité minérale osseuse (DMO)	Coefficient de corrélation	1,000	-0,255	-0,002	-0,122	0,003	0,164	-0,160	0,130
	Valeur p	.	0,002	0,984	0,138	0,971	0,044	0,051	0,114
	Nombre	150	150	150	150	150	150	150	150

Les résultats du tableau de corrélation entre les paramètres géométriques et la densité minérale osseuse montre que :

- La densité minérale osseuse présentait une corrélation négative avec l'angle cervico diaphysaire (un coefficient -0,255 une valeur p de 0,002) ;
- La densité minérale osseuse ne présentait pas de corrélation avec la longueur de l'axe de la hanche (un coefficient -0,002 et une valeur p de 0,984) ;
- La densité minérale osseuse ne présentait pas de corrélation avec la longueur de l'axe du col (un coefficient de -0,122 et une valeur p de 0,138) ;
- La densité minérale osseuse ne présentait pas de corrélation avec le diamètre du col (un coefficient de 0,003 et une valeur de p de 0,971) ;
- La densité minérale osseuse présentait une corrélation positive avec le diamètre de la tête fémorale (un coefficient de 0,164 et une valeur p de 0,044) ;

Cette corrélation est ininterprétable du fait que son coefficient est négligeable

- La densité minérale osseuse ne présentait pas de corrélation avec le ratio diamètre du col/ diamètre de la tête fémorale (un coefficient 0,16 et une valeur p de 0,051) ;
- La densité minérale osseuse ne présentait pas de corrélation avec le ratio diamètre du col/diamètre de la tête fémorale (un coefficient 0,13 et une valeur p de 0,114).

IV. Etude du risque de fracture

Le tableau de régression logistique, ci-dessous, a pour but d'isoler les effets de chaque variable sur le risque de fracture :

Tableau VI : Tableau de régression logistique

	Valeur p	OR	95% C.I. for OR	
			Limite inf	Limite sup
HAL	0,336	0,983	0,949	1,018
FND	0,844	1,013	0,891	1,152
FNAL	0,009	1,094	1,023	1,171
NSA	0,000	1,208	1,091	1,338
FHD	0,444	0,976	0,918	1,038
Ostéoporose	0,030	2,693	1,101	6,592

Cette analyse montre que :

- L'augmentation de la longueur de l'axe du col multiplie le risque de fracture de 1,094 (OR= 1,094 ; 95% CI 1,023-1,171 ; P=0,009).
- Un angle cervico-diaphysaire en coxa valga multiplie le risque de fracture de 1,208 (OR =1,208 ; 95% CI 1,091-1,338 ; P<0,001).
- L'ostéoporose multiplie le risque de fracture de 2,693 (OR=2,963 ; 95% CI 1,101-6,592 ; P=0,03).



DISCUSSIONS

I. Rappel physiologique et biomécanique

1. Rappel anatomique

Le fémur proximal est une extrémité irrégulière, qui comprend : la tête fémorale, le col du fémur et le massif trochantérien (grand et le petit trochanter, unis par la ligne et la crête intertrochantériques).

Le col est oblique en haut, en dedans et en avant, il est antéversé de 12° à 15° chez l'adulte et constitue avec la diaphyse fémorale **l'angle cervico-diaphysaire** qui est d'une valeur moyenne de 125° . De faibles variations sont possibles , aux delà desquelles on parle de coxa valga (angle trop ouvert) , ou de coxa vara (angle trop fermé) (34) (figure 22).

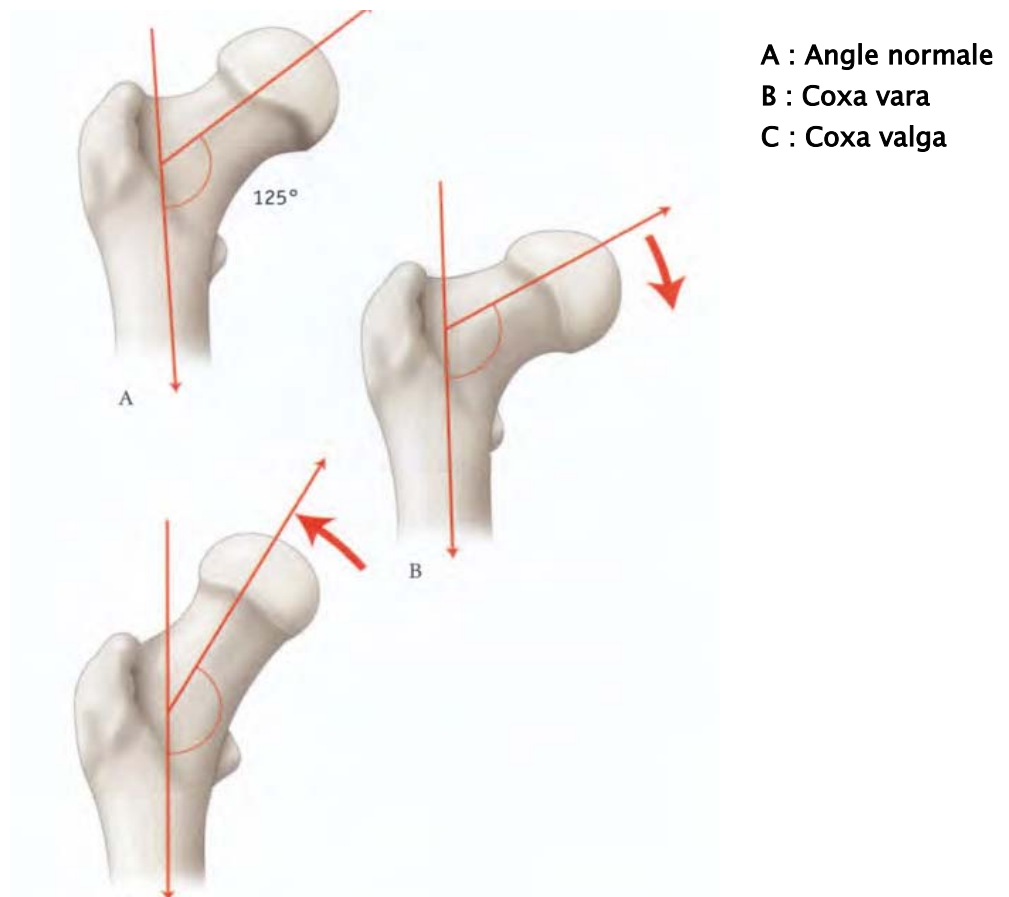


Figure 22 : Angle cervico-diaphysaire(35)

2. Architecture interne de l'extrémité supérieure du fémur:(35,36)

Le fémur proximal est une structure cortico-spongieuse formée de :

- ❖ L'os compact superficiel épais au niveau du bord inférieur du col.
- ❖ L'os compact interne ou le calcar fémoral qui forme une lame verticale qui s'élève de la ligne spirale, en avant du petit trochanter pour se perdre en arrière du col (figure 23).

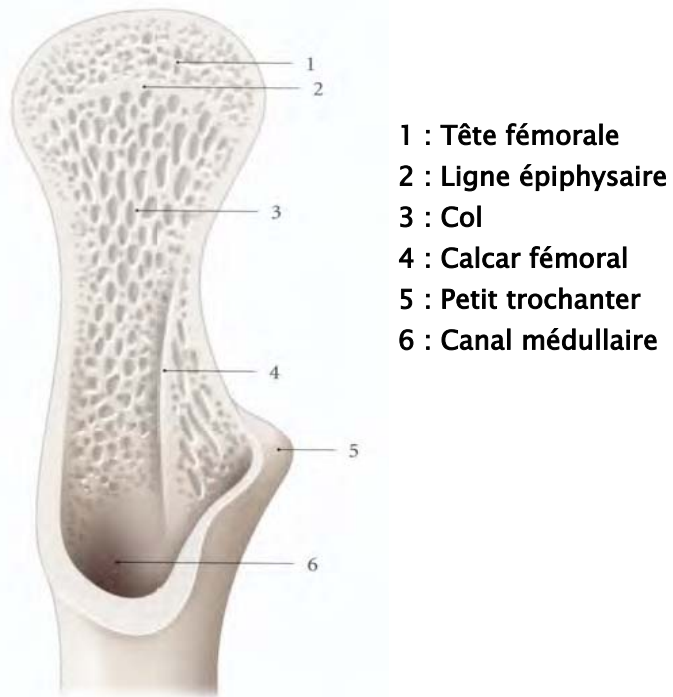


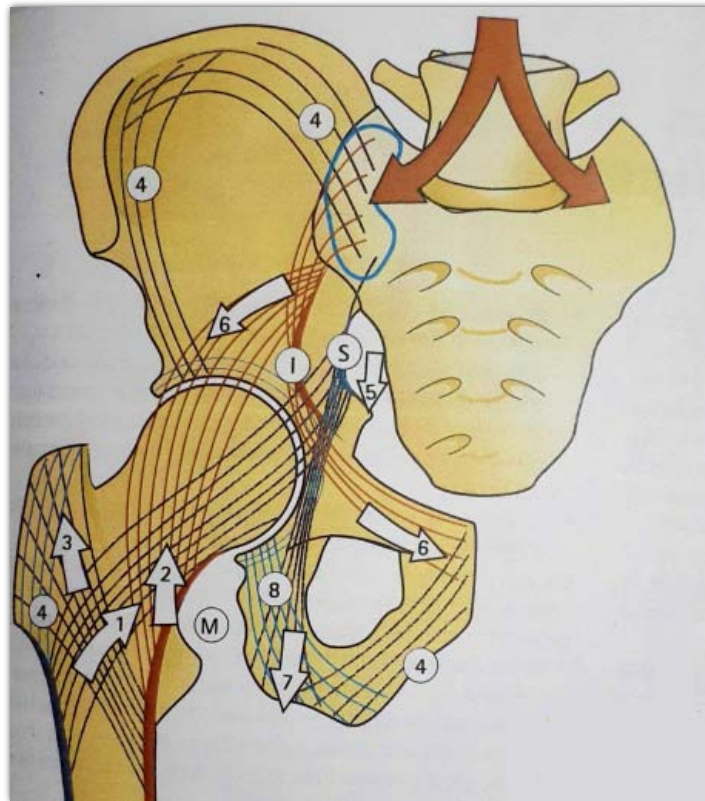
Figure 23 : Structure de l'épiphyse proximale du fémur

- ❖ L'os spongieux présente des trabécules qui s'organisent selon deux systèmes : principale et accessoire et qui correspondent à des lignes de force mécaniques (figure24) :
 - Un système principal formé par deux faisceaux de travées qui s'épanouissent dans le col et la tête :
 - **Un premier faisceau**, qui prend naissance de la corticale externe de la diaphyse et se termine sur la partie inférieure de la corticale céphalique. C'est le faisceau arciforme de Gallois et Bosquette:

- **Un deuxième faisceau**, qui s'épanouit à partir de la corticale interne de la diaphyse et de la corticale inférieure du col et se dirige verticalement vers la partie supérieure de la corticale céphalique : c'est le faisceau céphalique ou éventail de sustentation.
- Un système accessoire constitué par deux faisceaux qui s'épanouissent dans le grand trochanter ;
 - **Un premier faisceau**, à partir de la corticale interne de la diaphyse : c'est le faisceau trochantérien ;
 - **Un deuxième faisceau**, beaucoup moins important, qui est formé de fibres verticales parallèles à la corticale externe du grand trochanter, c'est le faisceau sous cortical.

On note alors ;

- Dans le massif trochantérien se trouve un système ogival constitué par la convergence du **faisceau arciforme** et du **faisceau trochantérien**, l'entrecroisement de ces deux piliers forme une clé de voûte plus dense qui descend de la corticale supérieure du col. Le pilier interne est moins solide et s'affaiblit encore avec l'âge du fait de l'ostéoporose sénile.
- Dans le col et la tête se trouve un autre système ogival constitué par l'entrecroisement du **faisceau arciforme** et de **l'éventail de sustentation**. À l'intersection de ces deux faisceaux, une zone plus dense forme le noyau de la tête. Ce système cervico-céphalique s'appuie sur une zone extrêmement solide, l'épaisse corticale inférieure du col qui forme l'éperon cervical inférieur de Merkel ou encore l'arc d'Adams. On le nomme aussi le calcar.
- Entre le système ogival du massif trochantérien et le système de sustentation cervico-céphalique, il existe une zone de moindre résistance (figure 25), que l'ostéoporose sénile rend encore plus fragile : **c'est le siège des fractures cervico-trochantérienne**.



- 1 : Faisceau arciforme
- 2 : Eventails de sustentation
- 3 : Faisceau trochantérien
- 4 : Faisceau sous cortical
- M : L'éperon cervical inférieur de Merkel

Figure 24 : Architecture de l'extrémité supérieure du fémur(36)

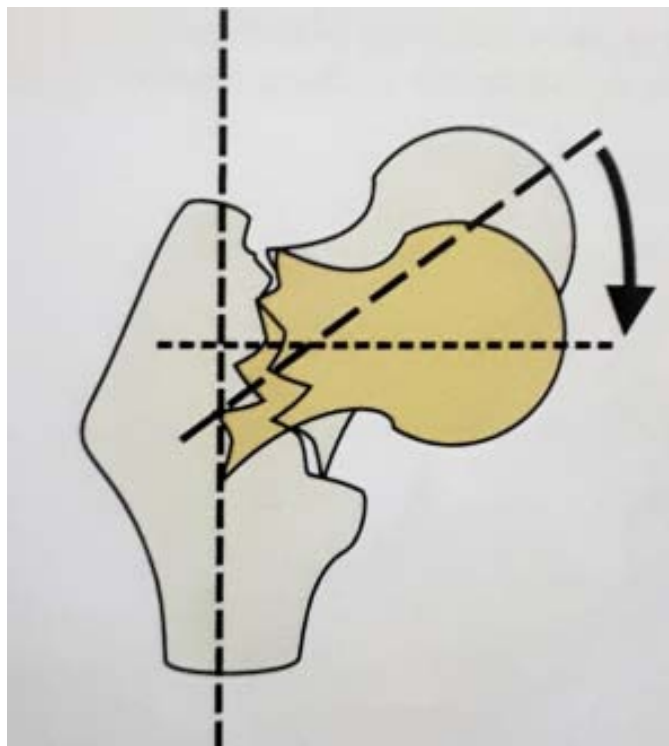
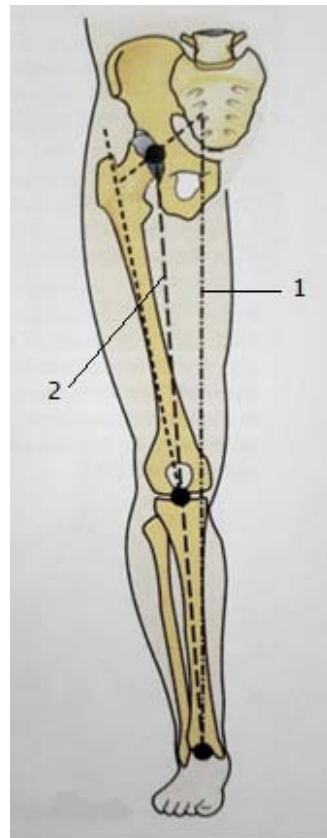


Figure 25 : zone de moindre résistance(36)

3. Biomécanique de l'extrémité supérieure du fémur :(34,35,37,38)

La connaissance des caractéristiques mécaniques de l'os est indispensable pour la compréhension du mécanisme des fractures. Un ensemble complexe de forces s'applique sur les os et est à l'origine de déformations microscopiques. L'importance de ces contraintes et de leur retentissement dépend de la géométrie de l'os (sa longueur, ses angles, son diamètre) et de ses propriétés mécaniques.

L'ensemble tête, col et diaphyse du fémur réalise ce qu'on appelle en mécanique un porte-à-faux. En effet, le poids du corps appliqué sur la tête fémorale est transmis à la diaphyse fémorale par l'intermédiaire d'un bras de levier, **le col fémoral**. Le même système de porte-à-faux s'observe dans une potence (figure 27) où l'effort vertical tend à cisailer la barre horizontale au ras de sa jonction avec le mât et à fermer l'angle que forment ces deux pièces. Pour empêcher un tel accident, il suffit d'intercaler obliquement une jambe de force. Le col du fémur constitue la barre supérieure de la potence et sur une vue générale du squelette du membre inférieur, on constate que l'axe mécanique sur lequel s'alignent les trois articulations de la hanche, du genou et de la cheville, laisse-en dehors de lui la potence fémorale (notez aussi que l'axe mécanique ne coïncide pas avec la verticale) (figure26). Au niveau de l'ESF et pour éviter le cisaillement de la base du col du fémur, celle-ci possède une structure trabéculaire bien visible sur une coupe frontale d'os sec. Ce sont les lamelles de l'os spongieux qui vont jouer le rôle de cette jambe de force.



1 : Axe mécanique
2 : Axe verticale

Figure 26 : vue générale du squelette du membre inférieur

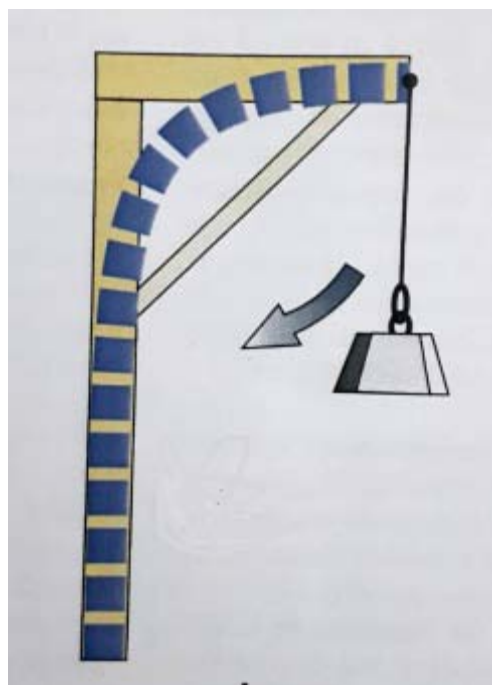


Figure 27 : Système porte à faux comparé à une potence

Pauwels (36) dans ses travaux sur les lignes de forces mécaniques utilise un schéma simple de la colonne, supportant une charge excentrée sur laquelle s'exercent des contraintes de compression du côté de la charge et des contraintes de tension du côté opposé qui tendent à l'infléchir. A partir d'une certaine excentricité de la charge, les contraintes de tension l'emportent sur celle de compression. Si la charge s'exerce obliquement, une force de cisaillement apparaît et les sollicitations en flexion augmentent.

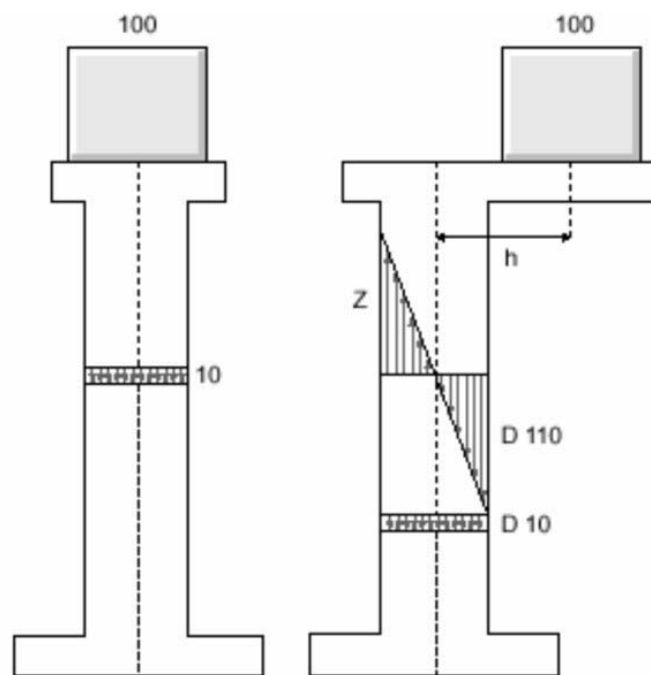


Figure 28 Les colonnes de Pauwels (39)

Le col fémoral, assimilable à une colonne courbe, supporte une force (R) résultante du poids du corps et des forces musculaires (fessiers) qui l'équilibrent. Cette force inclinée de 16 degrés sur la verticale s'exerce selon l'axe mécanique (AM), distinct de l'axe anatomique (AA) (Figure 29).

Elle produit des contraintes de pression maximale au bord inféro-interne du col et des contraintes de traction maximale au bord supéro-externe. Elles exercent aussi un effort de cisaillement du fait de son obliquité.

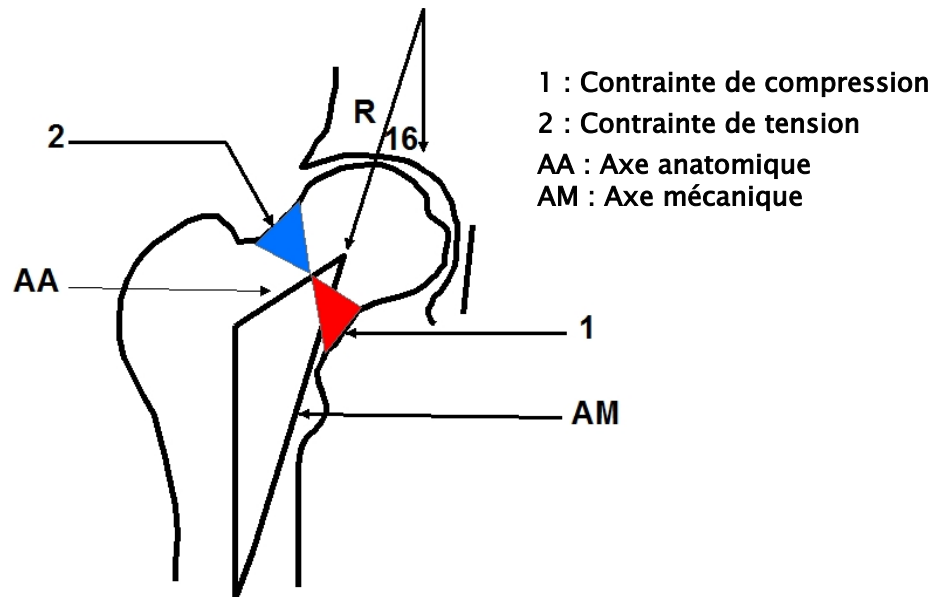


Figure 29 Les contraintes mécaniques de l'extrémité supérieure du fémur (ESF) (40)

4. Densité minérale osseuse

En 1970, Singh et al, ont suggéré qu'une perte de densité minérale osseuse entraînait des modifications caractéristiques du profil trabéculaire du fémur proximal ils ont décrit une échelle de changements trabéculaires typiques classées en six grades : (41)

- **Grade1** : les travées primaires de compressions sont moins marquées ;
- **Grade2** : les travées primaires de traction ont complètement disparu ;
- **Grade3** : les travées primaires de traction et de compression ont disparu en regard du grand trochanter ;
- **Grade4** : les travées secondaires de traction et de compression ont disparu ;
- **Grade5** : le triangle de WARD est vide ;
- **Grade6** : les travées primaires et secondaires de traction et de Compression sont présentes. Le triangle de WARD est rempli de Trabéculations.

Pratiquement c'est une méthode radiologique qui détermine le stade d'avancement de l'ostéoporose en fonction des travées.

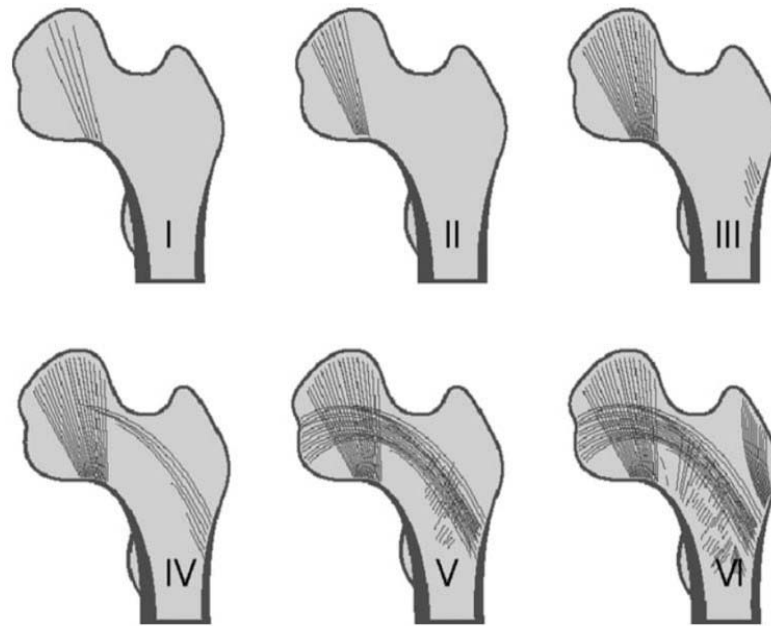


Figure 30 Modification du profil trabéculaire du fémur proximal (41)

II. Paramètres morphologiques

La fracture du fémur proximal est la complication la plus grave des fractures ostéoporotiques (8) ce qui a suscité plusieurs études à chercher les facteurs de risque qui affectent ce type de fracture. Une étude de **Lewiecki et al(42)** a constaté que l'incidence de l'ostéoporose évaluée par la DMO représente seulement 40 à 50% de tous les patients ayant une FESF. Cela signifie que la DMO ne peut pas à elle seule expliquer la survenue de la fracture. En 1996, **Mikhail et al(43)** ont proposé que les propriétés géométriques du fémur étaient liées à la force de l'os indépendamment des valeurs de la DMO. Aujourd'hui, il est suggéré que tous les facteurs de risque peuvent être évalués seuls ou avec les valeurs de la DMO, et peuvent être combinés pour l'évaluation du risque de fracture (44).

Notre étude va discuter nos propres résultats en se comparant à ceux de la littérature.

1. Angle cervico-diaphysaire (NSA)

L'angle cervico-diaphysaire est l'une des principales caractéristiques du fémur proximal(44). Il s'agit de l'angle entre l'axe du col du fémur et l'axe de la diaphyse fémorale(33).



En 2006, **Pawel Szulc et al** (45) ont montré que plus l'angle cervico-diaphysaire est grand, plus le moment de flexion appliqué au col du fémur est grand et plus la force d'impact imposée sur ESF est grande et au final plus grand est le risque de fracture (15,46-48) (figure 31).

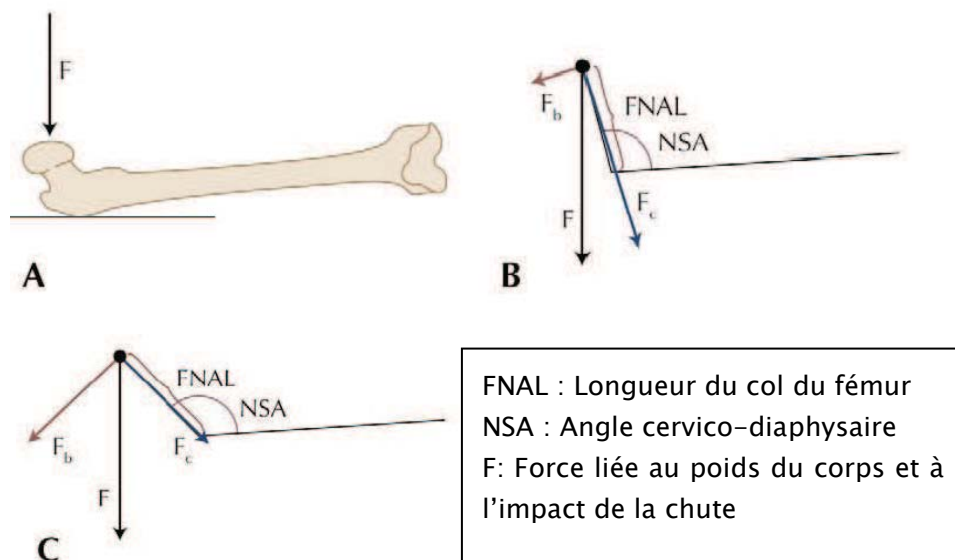


Figure 31 : La biomécanique de la longueur de l'axe du col et de l'angle cervico-diaphysaire dans la fracture de hanche

Notre série note une augmentation de NSA au sein du groupe de patients fracturés par rapport au groupe des sujets témoins (124,4° versus 121,24°). Cette différence est statistiquement significative avec une valeur $p < 0,001$.

Nos résultats rejoignent ceux de la littérature (Tableau 7) :

Tableau VII : Moyenne et signification des NSA dans différentes études

Auteur	Pays	Nombre de cas	NSA chez les patients fracturés	Nombre de témoins	NSA chez les témoins	Valeur P
Notre série	Maroc	50	124,40°	100	121,24°	<0,001(s)
Ripamonti et al(31)	Italie	38	127,2°	228	125,3°	<0,05(s)
Fajar et al (49)	Indonésie	947	-	7915	-	0,044 (s)
Alonso et al(50)	Espagne	411	129,6°	419	124,6°	<0,001(s)
Pulkkinen et al(46)	Finlande	74	133,7°	40	128,3°	<0,001(s)
Iolascon et al(51)	Suisse	26	129,62°	36	127,25	0,1368(ns)

L'étude du risque chez notre population montre que l'angle cervico-diaphysaire est un facteur de risque de la FESF. Il multiplie le risque de fracture par 1,208 (OR =1,208 ; 95% CI 1,091-1,338 ; P<0,001).

Dans l'étude italienne de **Ripamonti et al(31)**, le risque de fracture est multiplié par 1,512 (OR=1,512 ; 95% CI « 1,040-2,198 »)(31). Dans l'étude espagnole de **Alonso et al(50)**, le risque de fracture est multiplié par 2,45 (OR=2,45 ;95% CI « 1,73-3,45 »). Dans la méta-analyse Indonésienne de **Fajar et al(49)**, le risque de fracture est multiplié par 1,47 (OR= 1,47 ;95% CI « 1,01-2,15 »).

2. Longueur de l'axe de la hanche (HAL)

La HAL se définit comme la distance entre le bord inféro-externe du grand trochanter et le bord interne de la branche ilio-pubienne selon une ligne parallèle au grand axe du col(33).



En 1993, **Faulkner et al** (52) furent les premiers à supposer qu'une longueur de l'axe de la hanche élevée pourrait induire un risque de fracture plus élevé.

Biomécaniquement, lors de la chute, une HAL plus longue créera un moment de flexion plus grand sur le col du fémur. Une fois que le grand trochanter entre en contact avec le sol, la force du poids du corps sera appliquée à travers la tête fémorale, ce qui rendra l'ESF plus susceptible d'être fracturée (53).

Notre série note une élévation de la moyenne de la HAL au sein du groupe de patients avec FESF par rapport au groupe témoin (108,8mm versus 107,58mm). Cette différence demeure cependant statistiquement non significative avec une valeur p de 0,549.

Nos résultats rejoignent ceux de la littérature (Tableau 8) :

Tableau VIII : Différence de la HAL entre les patients fracturés et les témoins dans la littérature

Auteur	Pays	Nombre de cas	HAL en mm chez les patients fracturés	Nombre de témoins	HAL en mm chez les témoins	P value
Notre série	Maroc	50	108,8	100	107,58	0,549 (ns)
Faulkner et al(54)	USA	64	69,3	134	67	<0,001(s)
Peacock et al (55)	USA	22	133,1	43	129,6	0,044 (s)
Frisoli et al(56)	USA	46	99,24	66	96,95	0,05(s)
Iolascon et al(51)	italie	26	106,75	36	100	0,0015(s)
Lee et al (57)	Corée du sud	16	105,7	80	101.8	0,007(s)
Yong-Chan H et al(58)	Corée du sud	51	107,31	51	102,07	0,031(s)
Crabtree et al(59)	Angleterre	68	108,8	800	103,3	<0,001(s)

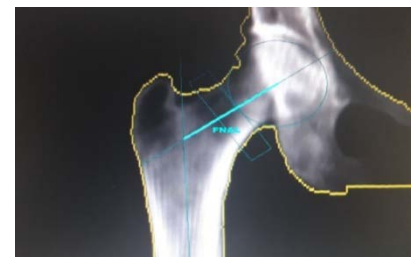
Cumming et al (60) ont choisi de réaliser une étude comparant la HAL entre les races noires, blanches et asiatiques. Selon l'auteur les différences ethniques génèrent des différences en longueur de l'axe de la hanche. La moyenne de la HAL pour les asiatiques était de 63mm, significativement plus courte que celle des sujets blancs 67mm (une valeur $P < 0,001$). Les patients asiatiques ont moins de risque de fracture par rapport aux patients de couleur blanche (un risque relatif de 0,53 CI à 95% : 0,37–0,76). La moyenne chez les sujets noirs était de 64mm significativement plus courte que celle des sujets blancs 67mm (une valeur $p < 0,001$). Les patients asiatiques ont moins de risque de fracture par rapport aux patients de couleur noire (un risque relatif 0,68 CI 95% 0,55–0,85).

Dans notre série, l'étude du risque montre que la longueur de l'axe de la hanche ne constitue pas un facteur de risque de la FESF (OR=0,983 ; 95% CI 0,949 –1,018 ; $p=0,336$).

L'étude italienne de **Ripamonti et al** (31) a montré que la HAL n'est pas un facteur de risque de la FESF (OR=1,092 ; 95% CI 0,721 – 1,653 ; p est non significative).

3. Longueur de l'axe du col

FNAL est défini comme la distance entre l'axe de la diaphyse fémorale et le centre de tête fémorale tout au long le d'axe du col fémoral(33).



En 2003, **Faulkner et al** avaient noté la difficulté du repérage du bord de la tête fémorale sur les image de la DXA lors de la mesure de la HAL (61). C'est dans ce sens que **Bergot et al** ont cherché le meilleur segment de la HAL à mesurer. Ils ont constaté que la distance entre le centre de la tête fémorale et l'axe du fémur a donné une meilleure distinction entre les sujets fracturés et les sujets non fracturés. Ils ont nommé le segment : la longueur de l'axe du col (62).

Biomécaniquement, plus l'axe du col est long et plus le moment de flexion appliqué sur le col du fémur est grand, plus grand est le risque de fracture du col du fémur. Ce principe est illustré dans la figure 31 (63).

Notre série note une moyenne de la FNAL plus grande chez le groupe de patients fracturés par rapport au groupe témoin (50,82 mm versus 47,86mm), avec une différence statistiquement significative ($p=0,022$).

Les résultats de la revue de la littérature concordent sur une FNAL plus importante chez les patients fracturés avec un degré de signification statistique variable (Tableau 9).

Cette divergence pourrait être due aux différences au sein des populations étudiées (âge, race, sexe, méthode de mesure) et /ou à un problème de positionnement du patient sur la table pendant la numérisation DXA (64) (65).

Tableau IX : Différence de la FNAL entre les patients fracturés et les témoins dans la littérature

Auteur	Pays	Nombre de cas	FNAL en mm chez les patients fracturés	Nombre de témoins	FNAL en mm chez les Témoins	P value
Notre série	Maroc	50	50,82	100	47,86	0,022(s)
El Kaissi et al (66)	Australie	62	97,9	608	95,9	0,02(s)
Pulkkinen et al(46)	Finlande	74	71	40	71,1	(ns)
Dincel et al(67)	Turquie	42	85,89	40	85,85	0,678(ns)
Kaptoge et al(68)	Angleterre	635	42	6839	40	0,118(ns)

L'étude du risque dans notre série, montre que la longueur de l'axe du col est un facteur de risque de la FESF. Elle multiplie le risque de fracture par 1,094 (OR= 1,094 ; 95% CI 1,023-1,171 ; $P=0,009$).

4. Diamètre du col (FND)

Le FND est mesuré perpendiculairement à la FNAL pour la partie la plus étroite du col(33).



La moyenne du diamètre du col chez notre population fracturés est plus grande que celle des sujets témoins (34,04mm versus 33,80mm) mais cette différence n'est pas significative (p value =0,672).

Nos résultats concordent avec la plupart des auteurs de la revue de la littérature (Tableau 10).

Tableau X : Différence du FND entre les patients fracturés et les témoins dans la littérature

Auteur	Pays	Nombre de cas	FND en mm chez les patients fracturés	Nombre de témoins	FND en mm chez les témoins	P value
Notre série	Maroc	50	34,04	100	33,80	0,672(ns)
Dubeouf et al(13)	France	66	34,8	161	35,4	(ns)
El kaissi et al(66)	Australie	62	32,3	608	30,3	<0,001(s)
Faulkner et al(26)	USA	64	20	134	19	0,41 (ns)
Ripamonti et al (31)	Italie	38	38	228	37	<0,05(s)
Dincel et al(67)	Turquie	42	36,62	40	35,38	0,134(ns)
Pulkkinen et al(46)	Finlande	74	30,6	40	29,3	(ns)
Lee et al(57)	Corée du sud	16	28,7	80	28,78	0,743(ns)

Dubeouf et al (13) ont rapporté que le coefficient de variation élevé pour le diamètre du col fémoral (1,95%) ou la faible taille de l'échantillon pourrait bien expliquer les résultats non significatifs obtenus.

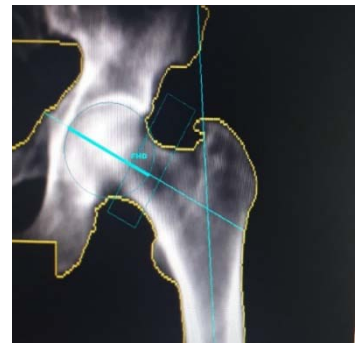
Mikhail et al ont comparé le diamètre du col du fémur chez deux populations : 50 patients de race noire et 50 patients de race blanche. Le diamètre était significativement plus large chez la race blanche. Les auteurs supposent que le FND diffère selon les races. Et cela contribue à réduire le risque de fracture de la hanche chez les races noires (43,69).

Concernant l'étude du risque dans notre série, le diamètre du col du fémur n'est pas un facteur de risque de la FESF (OR=1,013; 95% CI 0,891-1,152; p=0,844).

Lee et al (57) ont montré que le FND n'est pas un facteur de risque de la FESF (OR=1,099 ; 95% CI 0,614- 1,967 ; p=0,751).

5. Diamètre de la tête fémorale (FHD)

Le FHD est mesuré au centre de la tête fémorale le long de l'axe du col du fémur (33).



La moyenne du diamètre de la tête fémorale chez nos patients fracturés est plus grande que celle des sujets témoins (40,34mm versus 40,04mm). Cette différence est statistiquement non significative (valeur P =0,887).

Nos résultats rejoignent ceux de la littérature :

Dans l'étude Finlandaise de **Pulkkinen et al** (46) le diamètre de la tête fémorale chez les patients fracturés était de 43,9mm. Il était plus grand que celui des sujets témoins 43,5mm. Cette différence est statistiquement non significative.

Kazemi et al(70) ont réalisé une étude comparative entre les types de FESF, aucun type ne présente le FHD comme facteur de risque (la moyenne des fractures du col = 47mm , la moyenne des fractures inter trochantériennes =48mm ; la moyenne des fractures sous trochantérienne=50,5mm) et une valeur p non significative pour les trois groupes.

L'étude du risque dans notre série, le diamètre de la tête fémorale n'est pas un facteur de risque de la FESF (OR =0,976 ; 95% CI 0,918-1,038 ; p=0,444).

6. Ratio : Diamètre du col / Longueur de l'axe du col (FND/FNAL)

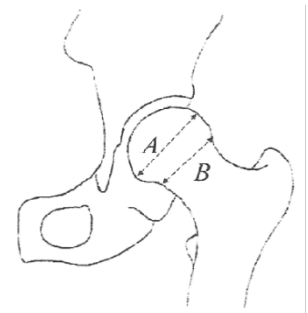
Dans notre série, la moyenne du ratio chez les patients fracturés est de 0,845 et celle des témoins est de 0,847. Cette différence est statistiquement non significative (une valeur p de 0,813).

A l'encontre de nos résultats, **Dinçel et al**, ont examiné le rapport entre le FND et la FNAL, ils ont noté que le ratio était significativement plus élevé chez le groupe fracturé par rapport au groupe témoin (0,43 versus 0,41 ; une valeur de p de 0,011). Cette différence entre les résultats peut être due à la taille réduite de notre échantillon.

Dinçel a défini sa longueur de l'axe du col comme la distance entre le centre de la tête fémorale et le bord inféro-externe du grand trochanter, cette différence de mesure pourrait bien expliquer les chiffres obtenus par l'auteur.

7. Ratio : Diamètre du col fémoral /Diamètre de la tête fémorale (FND/FHD)

Récemment, le calcul du rapport FND/FHD s'est avéré important pour examiner le fonctionnement normal de la hanche. Une relation anormale entre la tête fémorale et le col fémoral peut donner naissance à des conflits qui pourraient être la cause d'une fracture du col fémorale. (71-73)



Notre hypothèse étant de savoir si l'association d'un diamètre du col réduit avec un grand diamètre de la tête fémoral (ratio réduit) serait à l'origine de la fracture de l'extrémité proximale du fémur. Cela nous a poussé à calculer ce ratio. Ce dernier nous a aussi permis de nous affranchir des valeurs absolues.

La moyenne du ratio FND/ FHD chez les patients fracturés était de 0,84 et de 0,85 chez les sujets témoins. La différence entre les deux populations était statistiquement non significative avec une valeur p de 0,976. De ce fait, notre hypothèse se retrouve infirmée par nos résultats, même si le seuil de signification n'est pas atteint ce qui pourrait être lié à la taille réduite de notre échantillon.

III. La densité minérale osseuse

L'ostéoporose est une affection caractérisée par une masse osseuse faible, une détérioration micro-architecturale du tissu osseux, une fragilité osseuse et une augmentation du risque de fracture (71). C'est une maladie silencieuse révélée cliniquement par des fractures, survenant après un traumatisme mineur(63). Selon l'OMS, la densité minérale osseuse (DMO) est de 2,5 écarts-types ou inférieure à la valeur moyenne d'un adulte jeune (71).

La moyenne de la densité minérale osseuse chez nos patients est de $-1,87$ ce qui est largement inférieur à la moyenne des témoins ($-0,852$). Cette différence est statistiquement significative (p value $<0,001$).

Ce qui rejoint la revue de la littérature (tableau11) :

Tableau X : La différence de la DMO entre les groupes fracturés et non fracturés dans la littérature.

Auteurs	Population	P value
Notre série	Maroc	$<0,001(s)$
G.lolascon et al (51)	Italie	$0,0374(s)$
Dong-Hwa Lee et al(57)	Corée du sud	$<0,001(s)$
Masako Ito et al(72)	Japan	$<0,001(s)$
Yizhong Liet al(73)	Chine	$<0,001(s)$
Dincel et al (74)	Turquie	$<0,01(s)$
Ripamonti et al (31)	Italie	$<0,01(s)$
El kaissi et al (66)	Australie	$<0,001(s)$

La fracture est présente chez 44,9% des patients ostéoporotiques et chez 16,4% des patients non ostéoporotiques. D'un autre côté, 55,1% des patients ostéoporotiques et 83,6% des patients non ostéoporotiques ne sont pas fracturés. On peut dire que l'ostéoporose n'explique pas à elle seule la survenue de la fracture.

Selon l'étude du risque dans notre série, l'ostéoporose est un facteur de risque de la FESF. Elle multiplie le risque de fracture par 2,693 (OR=2,963 ; 95% CI 1,101-6,592 ; P=0,03).

Nos résultats rejoignent ceux de la littérature :

Dans ce cadre, on cite l'étude américaine de **Faulkner et al**(26) qui montre que l'ostéoporose multiplie le risque de fracture par 2,7 ; (OR= 2,7 95% CI 1,7-4,3 ; p=0,0001) alors que, l'étude italienne de **Gnudi et al**(24) a rapporté que le risque de fracture est multiplié par 2,1 ; (OR=2,1 95% CI 1,5-2,8 ; p=0,001). L'étude coréenne de **IM et al**(10) a montré que le risque de fracture est multiplié par 4,08 ; (OR=4,08 ; 95% CI 1,60-8,16), tandis que, une autre étude coréenne de **Lee et al**(57) a rapporté que le risque de fracture est multiplié par 6,561 , (OR=6,561 ; 95% CI 2,590-16,617), quant à l'étude italienne de **Ripamonti et al**(31), elle a montré qu'une densité minérale osseuse élevée a un effet protecteur sur la FESF (OR=0,28 ; 95% CI 0,161-0,504).

IV. Corrélation de la DMO avec les paramètres géométriques.

Pulkkinen et al ont rapporté que la combinaison de la DMO avec les paramètres géométriques du fémur proximal peut significativement améliorer l'évaluation du risque de fracture de la hanche par rapport à la DMO seule. D'où l'intérêt de chercher une corrélation entre les deux (46,75-78).

La densité minérale osseuse présente une corrélation négative avec l'angle cervico diaphysaire (un coefficient -0,255 une valeur p de 0,002), et une très faible relation positive avec le diamètre de la tête fémorale. Cette dernière est négligeable (un coefficient de 0,16) et ne présente aucune corrélation avec les autres paramètres morphologique. Ceci veut dire qu'une densité minérale osseuse basse est corrélée à un angle cervico-diaphysaire en coxa valga alors que les valeurs de la DMO ne présentent aucune relation avec les autres paramètres morphologiques.

Ripamonti et al (31) ont montré qu'il existe une corrélation négative entre le NSA et la DMO (79,80). Ils supposent que les paramètres géométriques influencent la densité minérale osseuse. Cela peut être expliqué par la charge élevée suite l'activité physique, au travail manuel et aux différents modes de vie (81). Ils supposent qu'un os régulièrement sollicité est de moins en moins déminéralisé qu'un os non sollicité. Cette hypothèse pourrait expliquer les différences dans la relation paramètres morphologiques et DMO entre les différentes populations.

Zhang et al et Alonso et al ont souligné que cette relation diffère selon le sexe. Chez les hommes une relation significative inversement proportionnelle entre le NSA et la DMO a été retrouvée. Par contre chez les femmes des études ont trouvé que le NSA était un prédicteur de fracture indépendant de la DMO (46,50,62,80,82-84). Cette différence est soutenue par une mise en charge généralement plus élevée chez les hommes que chez les femmes vu leurs activités et leur travail manuel intense.

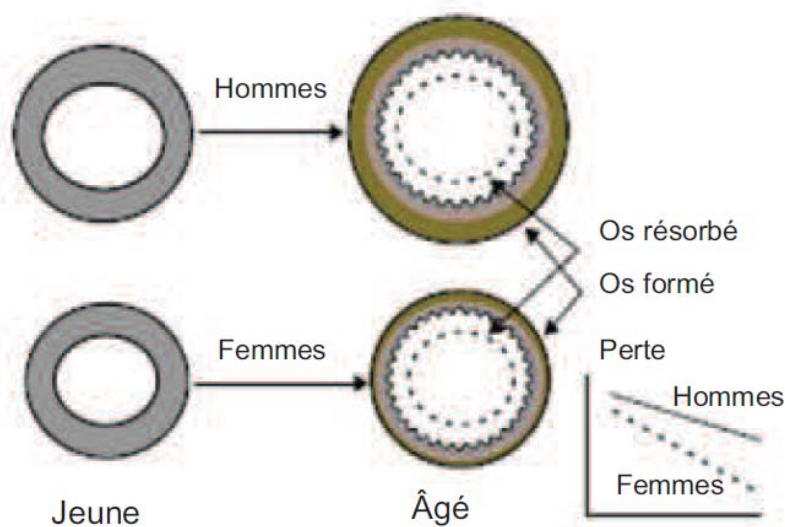


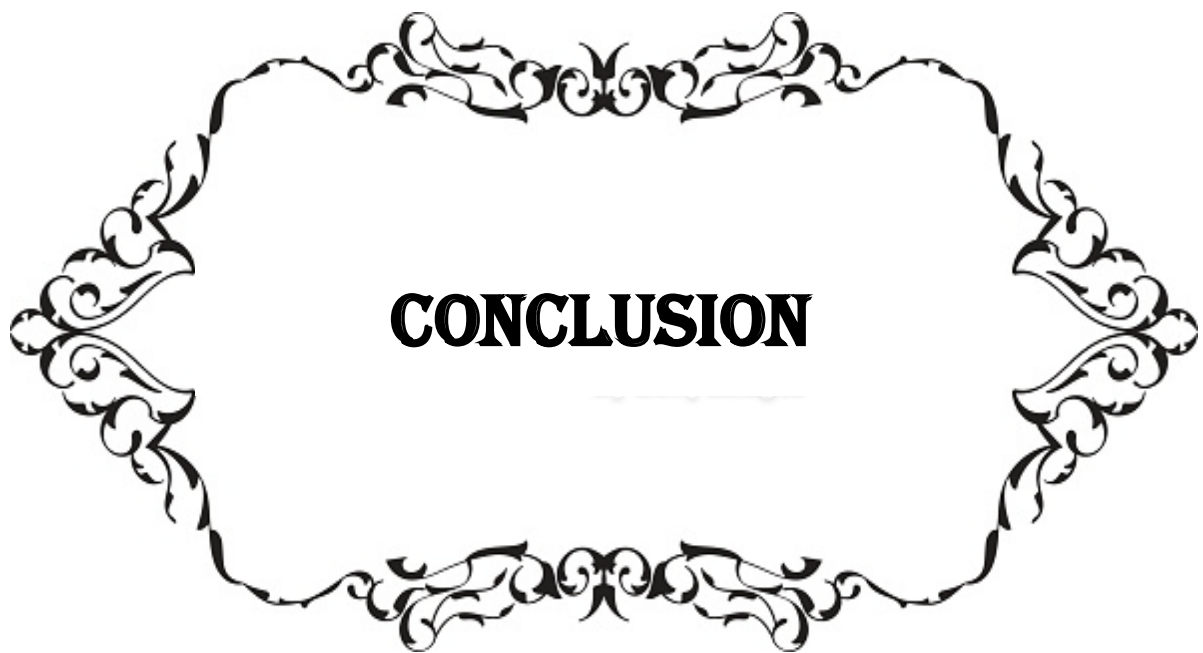
Figure 32 : Evolution de la géométrie des os tubulaires au cours du vieillissement chez les hommes et chez les femmes(85)

Dinc,el et al ont trouvé que la densité minérale osseuse est corrélée aux paramètres géométriques de l'extrémité supérieure du fémur. Ils supposent qu'une densité osseuse basse influence la géométrie osseuse. Cette relation est expliquée soit par la diminution de la production de l'endoste ou par la perte osseuse accrue, entraînant ainsi une augmentation de la production osseuse sous-périostée compensatoire (86,87). La déminéralisation et la nouvelle formation osseuse entraîneront une diminution des résistances de l'os.(67)

On déduit alors que la densité minérale osseuse n'est pas un facteur de risque indépendant mais plutôt fortement lié aux paramètres géométriques(51,88). Justifiant ainsi que les informations complémentaires fournies par l'analyse des paramètres géométriques est impérative et bénéfique plutôt que la mesure de la DMO seule.

V. Les limites de l'étude

- ❖ Notre étude se distingue par :
 - Le caractère prospectif, afin d'éviter toute déminéralisation en post-fracture (81).
 - Le calcul du risque par régression logistique afin de bien déterminer la relation de causalité entre les paramètres et la fracture.
 - L'étude de la corrélation afin de mettre en évidence les interactions entre la DMO et les paramètres géométriques.
- ❖ Nous avons rencontré au cours de l'exploitation et la mesure des paramètres géométriques les problèmes suivants :
 - Le nombre de décès important : 14% à 3 mois (figure 1) ;
 - Le refus des patients de rejoindre l'étude (figure 1) ;
 - Le nombre important des patients perdus de vue (figure 1) ;
 - La difficulté du transport entre le CHU Mohamed 6 et l'hôpital militaire Avicenne ;
 - La difficulté du voyage des patients démunis à Marrakech pour réaliser une ODM ;
 - L'arrêt du processus de recrutement des patients suite à la pandémie COVID 19.
- ❖ Nous avons rencontré au cours de la discussion les problèmes suivants :
 - La difficulté de déterminer les valeurs standards de la géométrie de la hanche car les valeurs diffèrent d'une ethnie à l'autre (49) ;
 - La population marocaine est constituée de plusieurs ethnies ;
 - Les méthodes de mesures et d'imagerie diffèrent d'une étude à l'autre (70).
- ❖ Notre étude prospective implique les biais suivants :
 - Biais de mesure ;
 - Biais de sélection ;
 - Biais d'échantillonnage.



CONCLUSION

L'analyse morphologique de l'extrémité supérieure du fémur chez la population marocaine nous a permis de mettre en évidence les différences morphologiques entre les patients fracturés et les patients non fracturés.

Les facteurs de risque de la FESF chez notre échantillon sont :

- Un angle cervico-diaphysaire NSA en coxa valga.
- Un axe du col FNAL long.
- Une extrémité supérieure du fémur ostéoporotique.

La DMO n'est pas un facteur de risque indépendant mais plutôt fortement lié aux paramètres géométriques. Justifiant ainsi que les informations complémentaires fournies par l'analyse des paramètres géométriques est impérative et bénéfique plutôt que la mesure de la DMO seule.

L'étude des propriétés morphologiques de l'extrémité proximale du fémur au cours d'un examen densitométrique a pour but de déterminer les patients à risque de développer une FESF, afin de garantir une bonne prise en charge de leur ostéoporose, et finalement éviter toute complication à court ou à long terme.



Annexes 2

Résultats descriptifs :

Service

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	HMA	7	4,7	4,7	4,7
	rhumato	100	66,7	66,7	71,3
	traumaA	4	2,7	2,7	74,0
	traumaB	39	26,0	26,0	100,0
	Total	150	100,0	100,0	

Statut

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Non Malade (témoins)	100	66,7	66,7	66,7
	Malade (cas)	50	33,3	33,3	100,0
	Total	150	100,0	100,0	

Sexe

Statut			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Non Malade (témoins)	Valid	Homme	54	54,0	54,0	54,0
		Femme	46	46,0	46,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	
Malade (cas)	Valid	Homme	27	54,0	54,0	54,0
		Femme	23	46,0	46,0	100,0
		Total	50	100,0	100,0	

Si femme, ménopausée

Statut			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Non Malade (témoins)	Valid	Oui	40	40,0	86,95	86,95
		Non	6	6,0	13,04	100,0
		Total	46	46,0	100,0	
	Missing	System	56	56,0		
	Total		100	100,0		
Malade (cas)	Valid	Oui	22	44,0	95,7	95,7
		Non	1	2,0	4,3	100,0
		Total	23	46,0	100,0	
	Missing	System	27	54,0		
	Total		50	100,0		

Mécanisme

Statut			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Non Malade (témoins)	Missing	System	100	100,0		
Malade (cas)	Valid	Haute énergie	19	38,0	38,0	38,0
		Basse énergie	31	62,0	62,0	100,0
		Total	50	100,0	100,0	

Étiologie

Statut			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Non Malade (témoins)	Missing	System	100	100,0		
Malade (cas)	Valid	AVP	14	28,0	28,6	28,6
		Chute de sa hauteur	31	62,0	63,3	91,8
		Chute d'un haut niveau	4	8,0	8,2	100,0
		Total	49	98,0	100,0	
	Missing	System	1	2,0		
Total		50	100,0			

Type de fracture

Statut			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Non Malade (témoins)	Valid	Non fracturé	100	100,0	100,0	100,0
Malade (cas)	Valid	Col	23	46,0	46,0	46,0
		Trochonter	27	54,0	54,0	100,0
		Total	50	100,0	100,0	

Fractures de l'extrémité proximale du fémur : facteurs de risques morphologiques

Statut		Age	Poids	Taille	IMC	Densitéminéraleosseuse (DMO)	Longueur axe hanche (HAL)	Diamètre col fémur (FNW) [FG]	Longueur axe col (FNAL) [BC]	Angle cervico-diaphysaire (NSA)	Diamètre tête fémorale (FHD) [DE]	Ratio FG/DE	Ratio FG/BC
Non Malade (témoins)	N Valid	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	63,67	72,84	2,7051	26,618	-,857	107,582	33,806	47,867	121,24	40,04	,847	,7255
	Median	63,50	70,00	1,6700	26,654	-,900	107,300	33,900	47,050	121,50	39,000	,800	,6859
	Std. Deviation	15,480	13,234	10,53530	6,0003	1,4048	9,1858	3,2347	7,5777	4,344	3,348	,1167	,15129
	Minimum	21	44	1,40	14,8	-3,5	83,7	23,7	23,0	111	36	,60	,52
	Maximum	89	118	107,00	45,9	2,7	129,0	45,0	62,0	130	58,6	1,20	1,57
Malade (cas)	N Valid	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	63,98	65,48	1,6596	23,662	-1,872	108,838	34,046	50,822	124,40	40,34	,845	,6836
	Median	65,00	65,00	1,6650	23,887	-1,950	108,550	34,100	51,100	124,00	40,000	,800	,6635
	Std. Deviation	15,169	14,908	,10130	4,6190	1,0618	16,4323	3,3394	6,8861	4,703	2,715	,1191	,12513
	Minimum	21	37	1,44	14,8	-3,7	83,7	21,4	32,7	114	36,9	,50	,39
	Maximum	90	95	1,85	38,1	,9	130,6	42,2	62,2	135	44,8	1,00	1,08

Comparaison des paramètres selon 3 groupes

Kruskal-Wallis Test

	type de fracture	N	Mean Rank
Longueur axe hanche (HAL)	Non fracturé	100	71,24
	Col	23	88,22
	Trochanter	27	80,43
	Total	150	
Diamètre col fémur (FNW) [FG]	Non fracturé	100	73,20
	Col	23	74,50
	Trochanter	27	84,87
	Total	150	
Longueur axe col (FNAL) [BC]	Non fracturé	100	69,83
	Col	23	89,41
	Trochanter	27	84,65
	Total	150	
Angle cervico-diaphysaire (NSA)	Non fracturé	100	66,61
	Col	23	107,24
	Trochanter	27	81,39
	Total	150	
Diamètre tête fémorale (FHD) [DE]	Non fracturé	100	77,04
	Col	23	87,85
	Trochanter	27	59,30
	Total	150	
Ratio FG/DE	Non fracturé	100	72,75
	Col	23	63,41
	Trochanter	27	95,98
	Total	150	
Ratio FG/BC	Non fracturé	100	79,40
	Col	23	62,35
	Trochanter	27	72,26
	Total	150	

Mann-Whitney Test

Ranks

	fracture	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Longueur axe hanche (HAL)	non fracturé	100	71,24	7124,50
	fracturé	50	84,01	4200,50
	Total	150		
Diamètre col fémur (FNW) [FG]	non fracturé	100	73,20	7320,00
	fracturé	50	80,10	4005,00
	Total	150		
Longueur axe col (FNAL) [BC]	non fracturé	100	69,83	6983,00
	fracturé	50	86,84	4342,00
	Total	150		
Angle cervico-diaphysaire (NSA)	non fracturé	100	66,61	6661,00
	fracturé	50	93,28	4664,00
	Total	150		
Diamètre tête fémorale (FHD) [DE]	non fracturé	100	77,04	7703,50
	fracturé	50	72,43	3621,50
	Total	150		
Ratio FG/DE	non fracturé	100	72,75	7275,00
	fracturé	50	81,00	4050,00
	Total	150		
Ratio FG/BC	non fracturé	100	79,40	7940,00
	fracturé	50	67,70	3385,00
	Total	150		

Résultats statistiques :

Test Statisticsa

	Longueur axe hanche (HAL)	Diamètre col fémur (FNW) [FG]	Longueur axe col (FNAL) [BC]	Angle cervico- diaphysaire (NSA)	Diamètre tête fémorale (FHD) [DE]	Ratio FG/DE	Ratio FG/BC
Mann-Whitney U	2074,500	2270,000	1933,000	1611,000	2346,500	2225,000	2110,000
Wilcoxon W	7124,500	7320,000	6983,000	6661,000	3621,500	7275,000	3385,000
Z	-1,697	-,917	-2,261	-3,555	-,612	-1,096	-1,555
Asymp. Sig. (2- tailed)	,090	,359	,024	,000	,887	,813	,120

a. GroupingVariable: fracture

Crosstab

			fracture		Total
			non fracturé	fracturé	
osteoporose	non	Count	51	10	61
		% within osteoporose	83,6%	16,4%	100,0%
		% within fracture	51,0%	20,0%	40,7%
		% of Total	34,0%	6,7%	40,7%
	oui	Count	49	40	89
		% within osteoporose	55,1%	44,9%	100,0%
		% within fracture	49,0%	80,0%	59,3%
		% of Total	32,7%	26,7%	59,3%
Total	Count	100	50	150	
	% within osteoporose	66,7%	33,3%	100,0%	
	% within fracture	100,0%	100,0%	100,0%	
	% of Total	66,7%	33,3%	100,0%	

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	13,276 ^a	1	,000		
Continuity Correction ^b	12,022	1	,001		
Likelihood Ratio	14,057	1	,000		
Fisher's Exact Test				,000	,000
Linear-by-Linear Association	13,187	1	,000		
N of Valid Cases ^b	150				

a. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 20,33.

b. Computed only for a 2x2 table

Crosstab

			type de fracture			Total
			Non fracturé	Col	Trochanter	
osteoporose	non	Count	51	6	4	61
		% within osteoporose	83,6%	9,8%	6,6%	100,0%
		% within type de fracture	51,0%	26,1%	14,8%	40,7%
		% of Total	34,0%	4,0%	2,7%	40,7%
	oui	Count	49	17	23	89
		% within osteoporose	55,1%	19,1%	25,8%	100,0%
		% within type de fracture	49,0%	73,9%	85,2%	59,3%
		% of Total	32,7%	11,3%	15,3%	59,3%
Total		Count	100	23	27	150
		% within osteoporose	66,7%	15,3%	18,0%	100,0%
		% within type de fracture	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% of Total	66,7%	15,3%	18,0%	100,0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	13,930 ^a	2	,001
Likelihood Ratio	15,043	2	,001
Linear-by-Linear Association	13,490	1	,000
N of Valid Cases	150		

a. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 9,35.

Tableau de corrélation

Correlations

		Densité minérale osseuse (DMO)	Longueur axe hanche (HAL)	Diamètre col fémur (FNW) [FG]	Longueur axe col (FNAL) [BC]	Angle cervico-diaphysaire (NSA)	Diamètre tête fémorale (FHD) [DE]	Ratio FG/DE	Ratio FG/BC	
Spearman's rho	Densité minérale osseuse (DMO)	Correlation Coefficient	1,000	-,002	,003	-,122	-,255**	,164*	-,160	,130
		Sig. (2-tailed)	.	,984	,971	,138	,002	,044	,050	,114
		N	150	150	150	150	150	150	150	150
	Longueur axe hanche (HAL)	Correlation Coefficient	-,002	1,000	,479**	,593**	,131	,423**	-,190*	-,271**
		Sig. (2-tailed)	,984	.	,000	,000	,111	,000	,020	,001
		N	150	150	150	150	150	150	150	150
	Diamètre col fémur (FNW) [FG]	Correlation Coefficient	,003	,479**	1,000	,147	,035	,010	,363**	,410**
		Sig. (2-tailed)	,971	,000	.	,073	,667	,908	,000	,000
		N	150	150	150	150	150	150	150	150
	Longueur axe col (FNAL) [BC]	Correlation Coefficient	-,122	,593**	,147	1,000	-,055	,399**	-,284**	-,816**
		Sig. (2-tailed)	,138	,000	,073	.	,505	,000	,000	,000
		N	150	150	150	150	150	150	150	150

Tableau de corrélation

Correlations «suit»

			Densité minérale osseuse (DMO)	Longueur axe hanche (HAL)	Diamètre col fémur (FNW) [FG]	Longueur axe col (FNAL) [BC]	Angle cervico-diaphysaire (NSA)	Diamètre tête fémorale (FHD) [DE]	Ratio FG/DE	Ratio FG/BC
Spearman's rho	Angle cervico-diaphysaire (NSA)	Correlation Coefficient	-,255**	,131	,035	-,055	1,000	-,052	,036	,064
		Sig. (2-tailed)	,002	,111	,667	,505	.	,527	,662	,439
		N	150	150	150	150	150	150	150	150
	Diamètre tête fémorale (FHD) [DE]	Correlation Coefficient	,164*	,423**	,010	,399**	-,052	1,000	-,903**	-,345**
		Sig. (2-tailed)	,044	,000	,908	,000	,527	.	,000	,000
		N	150	150	150	150	150	150	150	150
	Ratio FG/DE	Correlation Coefficient	-,160	-,190*	,363**	-,284**	,036	-,903**	1,000	,466**
		Sig. (2-tailed)	,050	,020	,000	,000	,662	,000	.	,000
		N	150	150	150	150	150	150	150	150
	Ratio FG/BC	Correlation Coefficient	,130	-,271**	,410**	-,816**	,064	-,345**	,466**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,114	,001	,000	,000	,439	,000	,000	.
		N	150	150	150	150	150	150	150	150
**.			Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).							
*.			Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).							



Résumé

Introduction : Les fractures de l'extrémité proximale du fémur représentent un motif fréquent d'admission dans les établissements de soins. Elles sont associées à un taux de morbidité et mortalité très élevé. Ce qui nous a poussé à identifier les facteurs de risques.

Le principal facteur de risque est l'ostéoporose mais n'explique pas à elle seule la survenue de la fracture, d'où l'intérêt de chercher les autres facteurs de risque qui pourrait intervenir en dehors de la densité minérale osseuse, notamment la morphologie de l'extrémité proximale du fémur tel que l'angle cervico-diaphysaire, la longueur de l'axe de la hanche, la longueur de l'axe du col, le diamètre du col et le diamètre de la tête fémorale.

Objectif : le but de ce travail est de :

- Déterminer les différences morphologiques du fémur proximal entre la population fracturée et la population témoin non fracturée ;
- Dédire les paramètres géométriques impliqués dans la survenue des fractures du fémur proximal.
- Chercher les facteurs de risques morphologiques dans les fractures du fémur proximal ;
- Chercher la corrélation entre la densité minérale osseuse et la morphologie du fémur proximal.

Matériel et méthodes : Il s'agit d'une étude cas témoin, portant sur 50 cas de fractures de l'extrémité proximale du fémur et 100 cas témoins non fracturés appariés sur l'âge et le sexe. Menée aux services de traumatologie orthopédie de l'hôpital Arrazi, traumatologie orthopédie de l'hôpital Ibn Tofail, traumatologie orthopédie de l'hôpital Avicenne CHU MOHAMMED VI et le service de rhumatologie de l'hôpital Avicenne. Couvrant une période de 18 mois allant de septembre 2018 à février 2020. L'analyse statistique a été réalisée par SPSS et Microsoft Excel 2016. L'âge de nos patients varie entre 21ans et 90ans avec une moyenne de 63,98 ans et un sexe ratio de 1,17. La valeur moyenne de l'IMC est 23,66 (14,8 -38,1). Vingt-trois de nos patients sont fracturés du col et 27 sont fracturés du trochanter, le mécanisme de la fracture est

à 38% de haute énergie et 62% de basse énergie. Plusieurs variables ont été étudiées grâce à l'ostéodensitométrie, notamment la densité minérale osseuse (DMO), l'angle cervico-diaphysaire (NSA), la longueur de l'axe de la hanche (HAL), la longueur de l'axe du col (FNAL), le diamètre du col (FNW), le diamètre de la tête fémorale (FHD), et les ratios : diamètre du col/ diamètre de la Tête fémorale, diamètre du col / longueur de l'axe du col.

Résultats: Notre étude a montré que:

- L'angle cervico-diaphysaire (NSA) est significativement plus grand chez les patients avec FESF (124,4° versus 121,24°).
- L'axe du col fémoral (FNAL) est significativement plus long chez les patients avec FESF. (50,82mm versus 47,86mm)
- La densité osseuse est significativement plus basse chez les patients avec FESF.
- Les autres paramètres tel que la longueur de l'axe de la hanche (HAL), le diamètre du col fémoral (FNW), le diamètre de la tête fémorale (FHD), le ratio FHD/FNW et le ratio FNAL/FNW ne présentent aucune relation significative avec la fracture du fémur proximal.
- L'angle cervico diaphysaire en coxa valga représente un facteur de risque de la FESF. Il multiplie le risque de fracture par 1,208.
- Un axe du col fémoral plus long représente un facteur de risque de la FESF. Il multiplie le risque de fracture par 1,094.
- L'ostéoporose représente un facteur de risque de la FESF. Elle multiplie le risque de fracture par 2,693.
- La densité minérale osseuse basse est corrélée à l'angle cervico diaphysaire en coxa valga.

Conclusion : En plus de la densité minérale osseuse, qui est reconnue comme facteur de risque de la FESF, il existe un certain nombre de facteurs qui participe à la genèse des fractures. Nous avons démontré que les paramètres morphologiques tel que l'angle cervico-diaphysaire et la longueur de l'axe fémoral représentent des facteurs de risques morphologiques des fractures du fémur proximal.

Abstract

Introduction: proximal femur fractures are a frequent cause of admission in emergency. They are associated with a very high morbidity and mortality rate. That's why we must identify the risk factors.

The main risk factor is osteoporosis. However allow an accurate interpretation of the fracture mechanism. Therefore we are going to identify the risk factors, associated with this type of fracture. In particular the morphology of the proximal femur, such as the neck-shaft angle, the hip axis length, the femoral neck axis length, the femoral neck diameter and the femoral head diameter.

Objective: The aim of this research is to:

- Study the morphology of the proximal femur;
- Identify the morphological differences of the proximal femur between experimental group and the control group;
- Identify the morphological differences between trochanteric fracture and neck fracture;
- Discuss the possibility of predicting proximal femur fractures based on geometric data and bone mineral density (BMD);
- Study the correlation between BMD and geometric parameters.

Material and methods: Our project is a case-control study on a sample of 50 proximal femur fractures and 100 unfractured control cases that were matched in age and sex to the fractured population. The study was carried out within orthopedic traumatology department B of the ARRAZI hospital of university hospital center Mohammed VI in Marrakech, orthopedic traumatology department A of IBN TOFAIL hospital and orthopedic traumatology department and rheumatology department of AVICENNE hospital. The statistical analysis was conducted using software SPSS and Microsoft Excel 2016. The age of patients varies between 21 and 90 years with an average of 63,98 years and the patients sex ratio is 1.17. The BMI varies between 14.8 and

38.1 with an average of 23.66. 23 patients had a neck fracture and 27 of them had a trochanteric fracture. 38% of the patient had a high energy fracture and 62% of them had a low energy fracture. Several variables were studied by osteodensitometry , including bone mineral density (BMD), neck–shaft angle (NSA), hip axis length (HAL), femoral neck axis length (FNAL), femoral neck diameter (FNW)), femoral head diameter (FHD), and ratios such as femoral neck diameter/femoral head diameter and femoral neck diameter / femoral neck axis length.

Results: Our study showed that:

- A neck–shaft angle (NSA) is significantly greater in the hip fracture group: 124.4° versus 121.24°;
- A femoral neck axis (FNAL) is significantly longer in the hip fracture group: 50.82mm versus 47.86mm;
- Bone mineral density is significantly lower in the hip fracture group.
- The other parameters such as hip axis length (HAL), femoral neck width(FNW), femoral head diameter (FHD), ratio FHD / FNW and ratio FNAL / FNW show no significant correlation with proximal femur fracture;
- A valgus neck–shaft angle represents a hip fracture risk factor. It increases the risk of fracture by a factor of 1.208
- A longer femoral neck axis represents a hip fracture risk factor. It increases the risk of fracture by a factor of 1.094.
- Osteoporosis is a hip fracture risk factor. It increases the risk of fracture by a factor of 2.693.
- Bone mineral density has a negative correlation with the neck shaft angle.

Conclusion: In addition to bone mineral density which is recognized as a principal hip fracture risk factor, there are a number of factors that contribute to the genesis of fractures. We have shown that morphological parameters such as neck–shaft angle and femoral neck axis length represent morphological risk factors for fractures of the proximal femur.

ملخص

المقدمة تعتبر كسور النهاية العلوية لعظم الفخذ من اسباب الولوج إلى مرافق الرعاية الصحية . و كما ايضا ترتبط بارتفاع معدل الوفيات. هذا ما دفعنا إلى تحديد عوامل الخطر.

عامل الخطر الرئيسي هو هشاشة العظام ولكنه لا يفسر وحده حدوث الكسر مما أدى إلى الاهتمام بالبحث عن عوامل الخطر الأخرى ، لاسيما مورفولوجيا النهاية العلوية لعظم الفخذ مثل الزاوية وطول محور الورك وطول محور الرقبة وقطر الرقبة وقطر رأس الفخذ..

الهدف: الهدف من هذه الأطروحة هو:

- دراسة مورفولوجيا للنهاية العلوية لعظم الفخذ
- تحديد الاختلافات المورفولوجية بين كسر رقبة عظم الفخذ
- تحديد الاختلافات الشكلية للنهاية العلوية لعظم الفخذ بين عينة من المرضى والعينة الشاهد
- مناقشة إمكانية توقع الكسور انطلاقا من البيانات الهندسية والكثافة المعدنية للعظام
- استنتاج العلاقة بين الكثافة المعدنية للعظام والبيانات الهندسية.

الوسائل والأساليب: تتعلق الأطروحة موضوع النقاش بدراسة حالة الشاهد بالنسبة لسلسلة من 50 حالة كسر

على مستوى النهاية العلوية لعظم الفخذ. تم إجراء الدراسة بكل من مصلحة جراحة العظام (ب) بمستشفى الرازي التابع للمركز الاستشفائي محمد السادس بمراكش ومصلحة جراحة العظام (ا) بمستشفى ابن طفيل ومصلحة جراحة العظام و بالتعاون مع مصلحة العظام والمفاصل بالمستشفى العسكري ابن سينا. تم بالتالي مقارنة هذه الدراسة بـ100 حالة سليمة مطابقة للحالات المرضية في العمر والجنس. أجريت الدراسة خلال سنة واحدة، وذلك من مارس 2019 إلى مارس 2020. تمت الاستعانة ببرنامجي SPSS وMicrosoft Excel 2016 من اجل إجراء التحليل الإحصائي. تتكون الساكنة الإحصائية من 50 مريضا، من بينهم 23 من الإناث. وتتراوح أعمارهما بين 21 و90 سنة، أي بمعدل 63,98 سنة. أما بالنسبة لمؤشر كتلة الجسم فيتراوح لدى الساكنة بين 14,8 و38,1، أبعدها 23.66. تم العثور أيضا على 23 حالة كسر على مستوى الرقبة ، 38% من هذه الكسور تمت بطاقة عالية و62% منها بطاقة منخفضة. تمت دراسة العديد من المتغيرات كالكثافة المعدنية للعظام (BMD)، الزاوية (NSA)، طول محور الورك (HAL)،

طول محور الرقبة (FNAL)، قطر الرقبة (FNW)، وقطر رأس الفخذ (FHD)، والنسب كقطر العنق / قطر رأس الفخذ وقطر العنق / طول محور العنق.

النتائج: أسفرت الدراسة عن النتائج التالية:

- تكون الزاوية بين العنق ومحور عظم الفخذ (NSA) أكبر بشكل ملحوظ لدى المرضى المصابين بكسر على مستوى النهاية العلوية لعظم الفخذ: $124,4^\circ$ مقابل $121,24^\circ$.

- يكون محور عنق عظم الفخذ (FNAL) أطول بشكل ملحوظ لدى المرضى المصابين بكسر على مستوى النهاية العلوية لعظم الفخذ: $50,82$ ملم مقابل $47,86$ ملم.

- تقل كثافة العظام بشكل ملحوظ عند المرضى المصابين بكسر على مستوى عظم الفخذ القريب.
- لم تسفر الدراسة عن وجود علاقة سببية بين الكسور على مستوى عظم الفخذ و كل من طول محور الورك (HAL) و قطر عنق الفخذ (FNW) و قطر رأس الفخذ (FHD) ونسبة FHD / FNW ونسبة FNW / FNAL.

- تمثل الزاوية بين عنق ومحور عظم الفخذ عامل خطر من أجل الإصابة بالكسور على مستوى النهاية العلوية لعظم الفخذ، حيث يتضاعف خطر الإصابة بالكسر بمعدل $1,208$.
- يمثل محور عنق الفخذ الطويل عامل خطر من أجل الإصابة بالكسور على مستوى النهاية العلوية لعظم الفخذ، حيث يتضاعف خطر الإصابة بالكسر بمعدل $1,094$.
- تعتبر الكثافة المنخفضة للعظام من عوامل خطر الإصابة بالكسور على مستوى النهاية العلوية لعظم الفخذ، حيث يتضاعف خطر الإصابة بالكسر بمعدل $2,693$.

تظهر الكثافة المعدنية للعظام تناسباً عكسياً مع زاوية عمود العنق.

الخلاصة: بالإضافة إلى الكثافة المعدنية للعظام، والتي تعتبر عامل خطر للإصابة بكسور على مستوى النهاية العلوية لعظم الفخذ، هناك عدد من العوامل التي قد تسبب الإصابة بالكسور. إذ أظهرت الدراسة أن عوامل مثل الزاوية بين العنق ومحور عظم الفخذ وطول محور الرقبة تمثل عوامل خطر مورفولوجية للكسور على مستوى النهاية العلوية لعظم الفخذ.

A decorative border with intricate floral and scrollwork patterns, framing the central text.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Merle V, Moret L, Josset V, Pidhorz L, Piétu G, Gouin F, et al.**
Facteurs de qualité de la prise en charge des sujets âgés opérés d'une fracture de l'extrémité supérieure du fémur: Revue de la littérature. Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot. 1 oct 2004;90(6):504-16.
2. **Ramponi DR, Kaufmann J, Drahnak G.**
Hip Fractures. Adv Emerg Nurs J. mars 2018;40(1):8-15.
3. **Haentjens P, Autier P, Barette M, Boonen S,**
Belgian Hip Fracture Study Group. The economic cost of hip fractures among elderly women. A one-year, prospective, observational cohort study with matched-pair analysis. Belgian Hip Fracture Study Group. J Bone Joint Surg Am. avr 2001;83(4):493-500.
4. **Broderick JM, Bruce-Brand R, Stanley E, Mulhall KJ.**
Osteoporotic hip fractures: the burden of fixation failure. – PubMed – NCBI. ScientificWorldJournal [Internet]. 2013 [cité 30 janv 2020]; Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23476139>
5. **Wilk R, Skrzypek M, Kowalska M, Kusz D, Wielgórecki A, Horyniecki M, et al.**
Standardized incidence and trend of osteoporotic hip fracture in Polish women and men: a nine year observation. Maturitas. janv 2014;77(1):59-63.
6. **Cooper C, Cole ZA, Holroyd CR, Earl SC, Harvey NC, Dennison EM, et al.**
Secular trends in the incidence of hip and other osteoporotic fractures. Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA. mai 2011;22(5):1277-88.
7. **Johnell O, Kanis JA.**
An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. Osteoporos Int. 2006;
8. **Rezqi A.**
Asmaa Rezqi, Aimé Rodrigue Ngbanda, Nada Bensaoud, Manal Bensaoud, Mohamed Adnane Tazi, Abdellah El Maghraoui : Epidémiologie des fractures de hanche entre 2006–2009 dans la région de Rabat ; Rev Mar Rhum 2012; 21:44–51.
9. **Briot K.**
Macroarchitecture et résistance osseuse: rôle de l'os cortical. :220.

10. **Im GI, Lim MJ.**
Proximal hip geometry and hip fracture risk assessment in a Korean population. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* mars 2011;22(3):803-7.
11. **Johnell O, Kanis JA, Oden A, Johansson H, De Laet C, Delmas P, et al.**
Predictive value of BMD for hip and other fractures. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* juill 2005;20(7):1185-94.
12. **Vega E, Mautalen C, Gómez H, Garrido A, Melo L, Sahores AO.**
Bone mineral density in patients with cervical and trochanteric fractures of the proximal femur. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* févr 1991;1(2):81-6.
13. **Duboeuf F, Hans D, Schott AM, Kotzki PO, Favier F, Marcelli C, et al.**
Different morphometric and densitometric parameters predict cervical and trochanteric hip fracture: the EPIDOS Study. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* nov 1997;12(11):1895-902.
14. **Alho A, Husby T, Høiseth A.**
Bone mineral content and mechanical strength. An ex vivo study on human femora at autopsy. *Clin Orthop.* févr 1988;227:292-7.
15. **Beck TJ, Ruff CB, Warden KE, Scott WW, Rao GU.**
Predicting femoral neck strength from bone mineral data. A structural approach. *Invest Radiol.* janv 1990;25(1):6-18.
16. **Esses SI, Lotz JC, Hayes WC.**
Biomechanical properties of the proximal femur determined in vitro by single-energy quantitative computed tomography. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* oct 1989;4(5):715-22.
17. **Lotz JC, Gerhart TN, Hayes WC.**
Mechanical properties of trabecular bone from the proximal femur: a quantitative CT study. *J Comput Assist Tomogr.* févr 1990;14(1):107-14.
18. **Gregory JS, Aspden RM.**
Femoral geometry as a risk factor for osteoporotic hip fracture in men and women. *Med Eng Phys.* déc 2008;30(10):1275-86.

19. **Einhorn TA.**
Bone strength: the bottom line. *Calcif Tissue Int.* nov 1992;51(5):333-9.
20. **Carter DR, Hayes WC.**
Bone compressive strength: the influence of density and strain rate. *Science.* 10 déc 1976;194(4270):1174-6.
21. **Wall JC, Chatterji SK, Jeffery JW.**
Age-related changes in the density and tensile strength of human femoral cortical bone. *Calcif Tissue Int.* 1 déc 1979;27(1):105-8.
22. **Currey JD, Brear K, Zioupos P.**
The effects of ageing and changes in mineral content in degrading the toughness of human femora. *J Biomech.* févr 1996;29(2):257-60.
23. **Melton LJ, Atkinson EJ, O'Fallon WM, Wahner HW, Riggs BL.**
Long-term fracture prediction by bone mineral assessed at different skeletal sites. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* oct 1993;8(10):1227-33.
24. **Gnudi S, Ripamonti C, Lisi L, Fini M, Giardino R, Giavaresi G.**
Proximal femur geometry to detect and distinguish femoral neck fractures from trochanteric fractures in postmenopausal women. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* janv 2002;13(1):69-73.
25. **Bouxsein ML, Szulc P, Munoz F, Thrall E, Sornay-Rendu E, Delmas PD.**
Contribution of trochanteric soft tissues to fall force estimates, the factor of risk, and prediction of hip fracture risk. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* juin 2007;22(6):825-31.
26. **Faulkner KG, Cummings SR, Black D, Palermo L, Glüer CC, Genant HK.**
Simple measurement of femoral geometry predicts hip fracture: the study of osteoporotic fractures. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* oct 1993;8(10):1211-7.
27. **Jr P, Jf W, Ra M.**
Prediction of the strength of the neck of femur from its radiological appearance. *Biomed Eng.* 1 oct 1975;10(10):367-72.
28. **Martin RB, Burr DB.**
Non-invasive measurement of long bone cross-sectional moment of inertia by photon absorptiometry. *J Biomech.* 1984;17(3):195-201.

29. **Hip geometry and femoral neck fractures:**
A meta-analysis [Internet]. [cité 2 févr 2020]. Disponible sur:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5892388/>
30. **HSA OSTÉODENSITOMÉTRIE [ABSORPTIOMÉTRIE OSSEUSE] SUR 2 SITES, PAR MÉTHODE BIPHOTONIQUE 2006 [Internet].**
[cité 14 juill 2020]. Disponible sur: <http://www.grio.org/documents/page246/rcd-3-1263309626>
31. **Ripamonti C, Lisi L, Avella M.**
Femoral neck shaft angle width is associated with hip-fracture risk in males but not independently of femoral neck bone density. Br J Radiol [Internet]. mai 2014 [cité 10 juin 2020];87(1037). Disponible sur:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4075525/>
32. **Kanis JA.**
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.
33. **Im GI, Lim MJ.**
Proximal hip geometry and hip fracture risk assessment in a Korean population. Osteoporos Int. 1 mars 2011;22(3):803-7.
34. **Dufour M, Pillu M.**
Biomécanique fonctionnelle: Membres – Tête – Tronc. Elsevier Masson;
35. **KAMINA, Pierre.**
Anatomie clinique Tome 1 [Internet]. Unithèque. [cité 2 août 2020]. Disponible sur:
<https://www.unitheque.com/anatomie-clinique-tome/maloine/Livre/31792>
36. **KAPANDJI IA.**
Anatomie fonctionnelle: Tome 2 – Membre inférieur Télécharger, Lire PDF – PDF Téléchargement Gratuit [Internet]. [cité 30 juill 2020]. Disponible sur:
<https://docplayer.fr/114293647-Anatomie-fonctionnelle-tome-2-membre-inferieur-telecharger-lire-pdf.html>
37. **Meyrueis P, Cazenave A, Zimmermann R.**
Biomécanique de l'os. Application au traitement des fractures. EMC – Rhumatol-Orthopédie. janv 2004;1(1):64-93.

38. **Pauwels F.**
Biomechanics of the Normal and Diseased Hip: Theoretical Foundation, Technique and Results of Treatment An Atlas [Internet]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 1976 [cité 4 août 2020]. Disponible sur: <https://www.springer.com/gp/book/9783642662126>
39. **Blaimont P, Halleux P, Jedwab J.**
[Distribution of bony restraints in the femur]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. juin 1968;54(4):303-19.
40. **BOUYSSANE Mostapha.**
Intérêt du vissage percutané dans les fractures du col fémoral (expérience du service de traumatologie orthopédie de l'HMMI de Meknès à propos de 15 cas). thèse de médecine Rabat, n :400. 2016;
41. **Singh M, Nagrath AR, Maini PS.**
Changes in trabecular pattern of the upper end of the femur as an index of osteoporosis. J Bone Joint Surg Am. avr 1970;52(3):457-67.
42. **Lewiecki EM, Borges JLC.**
Bone density testing in clinical practice. Arq Bras Endocrinol Amp Metabol. août 2006;50(4):586-95.
43. **Mikhail MB, Vaswani AN, Aloia JF.**
Racial differences in femoral dimensions and their relation to hip fracture. Osteoporos Int. 1 janv 1996;6(1):22-4.
44. **Bouxsein ML.**
Technology Insight: noninvasive assessment of bone strength in osteoporosis | Nature Reviews Rheumatology. 2006 [cité 18 août 2020]; Disponible sur: <https://www.nature.com/articles/ncprheum0798>
45. **Szulc P.**
Bone density, geometry, and fracture in elderly men. Curr Osteoporos Rep. 1 juin 2006;4(2):57-63.
46. **Pulkkinen P, Partanen J, Jalovaara P, Jämsä T.**
Combination of bone mineral density and upper femur geometry improves the prediction of hip fracture. Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA. 1 avr 2004;15:274-80.

47. **Wang Q, Teo JW, Ghasem-Zadeh A, Seeman E.**
Women and men with hip fractures have a longer femoral neck moment arm and greater impact load in a sideways fall. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* juill 2009;20(7):1151-6.
48. **Beck TJ, Ruff CB, Bissessur K.**
Age-related changes in female femoral neck geometry: Implications for bone strength | SpringerLink [Internet]. 1993 [cité 19 sept 2020]. Disponible sur: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01673401>
49. **Fajar JK, Taufan T, Syarif M, Azharuddin A.**
Hip geometry and femoral neck fractures: A meta-analysis. *J Orthop Transl.* 5 janv 2018;13:1-6.
50. **Alonso CG, Curiel MD, Carranza FH, Cano RP, Pérez AD.**
Femoral bone mineral density, neck-shaft angle and mean femoral neck width as predictors of hip fracture in men and women. Multicenter Project for Research in Osteoporosis. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 2000;11(8):714-20.
51. **Iolascon G, Moretti A, Cannaviello G, Resmini G, Gimigliano F.**
Proximal femur geometry assessed by hip structural analysis in hip fracture in women. *Aging Clin Exp Res.* 1 oct 2015;27(1):17-21.
52. **Nyffeler RW, Werner CML, Sukthankar A, Schmid MR, Gerber C.**
Association of a Large Lateral Extension of the Acromion with Rotator Cuff Tears. *VO LU M E.* :7.
53. **Dretakis EK, Papakitsou E, Kontakis GM, Dretakis K, Psarakis S, Steriopoulos KA.**
Bone mineral density, body mass index, and hip axis length in postmenopausal cretan women with cervical and trochanteric fractures. *Calcif Tissue Int.* mars 1999;64(3):257-8.
54. **Faulkner KG, Wacker WK, Barden HS, Simonelli C, Burke PK, Ragi S, et al.**
Femur strength index predicts hip fracture independent of bone density and hip axis length. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 2006;17(4):593-9.
55. **Peacock M, Turner CH, Liu G, Manatunga AK, Timmerman L, Johnston CC.**
Better discrimination of hip fracture using bone density, geometry and architecture. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* mai 1995;5(3):167-73.

56. **Frisoli A, Paula AP, Pinheiro M, Szejnfeld VL, Delmonte Piovezan R, Takata E, et al.**
Hip axis length as an independent risk factor for hip fracture independently of femoral bone mineral density in Caucasian elderly Brazilian women. *Bone*. déc 2005;37(6):871-5.
57. **Lee D-H, Jung KY, Hong AR, Kim JH, Kim KM, Shin CS, et al.**
Femoral geometry, bone mineral density, and the risk of hip fracture in premenopausal women: a case control study. *BMC Musculoskelet Disord*. 25 janv 2016;17(1):42.
58. **Ha Y-C, Yoo J-I, Yoo J, Park KS.**
Effects of Hip Structure Analysis Variables on Hip Fracture: A Propensity Score Matching Study. *J Clin Med*. 20 sept 2019;8(10).
59. **Crabtree N, Kröger H, Martin A, Pols HAP, Lorenc R, Nijs J, et al.**
Improving Risk Assessment: Hip Geometry, Bone Mineral Distribution and Bone Strength in Hip Fracture Cases and Controls. The EPOS Study. *Osteoporos Int – Osteoporos INT*. 1 janv 2002;13:48-54.
60. **Cummings SR, Cauley JA, Palermo L, Ross PD, Wasnich RD, Black D, et al.**
Racial differences in hip axis lengths might explain racial differences in rates of hip fracture. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. juill 1994;4(4):226-9.
61. **Faulkner KG.**
Improving Femoral Bone Density Measurements. *J Clin Densitom*. 1 déc 2003;6(4):353-8.
62. **C Bergot.**
Hip fracture risk and proximal femur geometry from DXA scans – PubMed [Internet]. 2002 [cité 21 août 2020]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12111014/>
63. **Briot K.**
Macroarchitecture et résistance osseuse: rôle de l'os cortical. :220.
64. **Gnudi S, Sitta E, Pignotti E.**
Prediction of incident hip fracture by femoral neck bone mineral density and neck-shaft angle: a 5-year longitudinal study in post-menopausal females. *Br J Radiol*. août 2012;85(1016):e467-473.
65. **Han J, Hahn MH.**
Proximal Femoral Geometry as Fracture Risk Factor in Female Patients with Osteoporotic Hip Fracture. *J Bone Metab*. août 2016;23(3):175-82.

66. **El-Kaissi S, Pasco JA, Henry MJ, Panahi S, Nicholson JG, Nicholson GC, et al.**
Femoral neck geometry and hip fracture risk: the Geelong osteoporosis study. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* oct 2005;16(10):1299-303.
67. **Dinçel VE, Şengelen M, Sepici V, Çavuşoğlu T, Sepici B.**
The association of proximal femur geometry with hip fracture risk. *Clin Anat.* 2008;21(6):575-80.
68. **Kaptoge S, Beck TJ, Reeve J, Stone KL, Hillier TA, Cauley JA, et al.**
Prediction of Incident Hip Fracture Risk by Femur Geometry Variables Measured by Hip Structural Analysis in the Study of Osteoporotic Fractures. *J Bone Miner Res.* déc 2008;23(12):1892-904.
69. **Theobald TM, Cauley JA, Gluer CC, Bunker CH, Ukoli FA, Genant HK.**
Black-white differences in hip geometry. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 1998;8(1):61-7.
70. **Kazemi SM, Qoreishy M, Keipourfard A, Sajjadi MM, Shokraneh S.**
Effects of Hip Geometry on Fracture Patterns of Proximal Femur. *Arch Bone Jt Surg.* juin 2016;4(3):248-52.
71. **Osteoporosis WSG on A of FR and its A to S for P, Organization WH.**
Evaluation du risque de fracture et son application au dépistage de l'ostéoporose post-ménopausique : rapport d'un groupe d'étude de l'OMS [réuni à Rome du 22 au 25 juin 1992] [Internet]. Genève : Organisation mondiale de la Santé; 1994 [cité 15 juill 2020]. Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39667>
72. **Ito M, Wakao N, Hida T, Matsui Y, Abe Y, Aoyagi K, et al.**
Analysis of hip geometry by clinical CT for the assessment of hip fracture risk in elderly Japanese women. *Bone.* 1 févr 2010;46(2):453-7.
73. **Li Y, Lin J, Cai S, Yan L, Pan Y, Yao X, et al.**
Influence of bone mineral density and hip geometry on the different types of hip fracture. *Bosn J Basic Med Sci.* févr 2016;16(1):35-8.
74. **Dinçel VE, Sengelen M, Sepici V, Cavuşoğlu T, Sepici B.**
The association of proximal femur geometry with hip fracture risk. *Clin Anat N Y N.* sept 2008;21(6):575-80.

75. **Woodhead HJ, Kemp AF, Blimkie CJR, Briody JN, Duncan CS, Thompson M, et al.**
Measurement of midfemoral shaft geometry: repeatability and accuracy using magnetic resonance imaging and dual-energy X-ray absorptiometry. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* déc 2001;16(12):2251-9.
76. **Martens M, van Audekercke R, de Meester P, Mulier JC.**
The mechanical characteristics of the long bones of the lower extremity in torsional loading. *J Biomech.* 1980;13(8):667-76.
77. **Zhang H, Gao G, Zhang ZL.**
Hip Axis Length Changes in 10,554 Males and Females and the Association with Femoral Neck Fracture | Request PDF. *ResearchGate [Internet].* 2008 [cité 21 août 2020]; Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/5322492_Hip_Axis_Length_Changes_in_10554_Males_and_Females_and_the_Association_with_Femoral_Neck_Fracture
78. **Yu N, Liu Y-J, Pei Y, Zhang L, Lei S, Kothari NR, et al.**
Evaluation of Compressive Strength Index of the Femoral Neck in Caucasians and Chinese. *Calcif Tissue Int.* 1 oct 2010;87(4):324-32.
79. **Tuck SP, Rawlings DJ, Scane AC, Pande I, Summers GD, Woolf AD, et al.**
Femoral Neck Shaft Angle in Men with Fragility Fractures [Internet]. Vol. 2011, *Journal of Osteoporosis.* Hindawi; 2011 [cité 15 août 2020]. p. e903726. Disponible sur: <https://www.hindawi.com/journals/jos/2011/903726/>
80. **Zhang H, Hu YQ, Zhang ZL.**
Age trends for hip geometry in Chinese men and women and the association with femoral neck fracture. *Osteoporos Int.* 1 sept 2011;22(9):2513-22.
81. **Crabtree N, Lunt M, Holt G, Kröger H, Burger H, Grazio S, et al.**
Hip geometry, bone mineral distribution, and bone strength in European men and women: the EPOS study. *Bone.* juill 2000;27(1):151-9.
82. **Gnudi S, Ripamonti C, Gualtieri G, Malavolta N.**
Geometry of proximal femur in the prediction of hip fracture in osteoporotic women. *Br J Radiol.* août 1999;72(860):729-33.
83. **Gnudi S, Malavolta N, Testi D, Viceconti M.**
Differences in proximal femur geometry distinguish vertebral from femoral neck fractures in osteoporotic women. *Br J Radiol.* 1 avr 2004;77:219-23.

84. **Gnudi S, Ripamonti C, Lisi L, Fini M, Giardino R, Giavaresi G.**
Proximal Femur Geometry To Detect and Distinguish Femoral Neck Fractures from Trochanteric Fractures in Postmenopausal Women. *Osteoporos Int.* 1 janv 2002;13(1):69-73.
85. **Seeman E.**
Pathogenesis of bone fragility in women and men. *Lancet Lond Engl.* 25 mai 2002;359(9320):1841-50.
86. **Peacock M, Buckwalter K, Persohn S, Hangartner T, Econs M, Hui S.**
Race and Sex Differences in Bone Mineral Density and Geometry at the Femur. *Bone.* août 2009;45(2):218-25.
87. **Gregory JS, Aspden RM.**
Femoral geometry as a risk factor for osteoporotic hip fracture in men and women. *Med Eng Phys.* déc 2008;30(10):1275-86.
88. **Kaptoge S, Beck TJ, Reeve J, Stone KL, Hillier TA, Cauley JA, et al.**
Prediction of Incident Hip Fracture Risk by Femur Geometry Variables Measured by Hip Structural Analysis in the Study of Osteoporotic Fractures. *J Bone Miner Res.* 2008;23(12):1892-904.

قسم الطبيب

أقسم بالله العظيم

أن أراقب الله في مهنتي.

وأن أصون حياة الإنسان في كافة أطوارها في كل الظروف

والأحوال باذلة وسعي في إنقاذها من الهلاك والمرض

والألم والقلق.

وأن أحفظ للناس كرامتهم، وأستر عورتهم، وأكتم سرهم.

وأن أكون على الدوام من وسائل رحمة الله، باذلة رعايتي الطبية للقريب والبعيد،

للصالح والطالح، والصديق والعدو.

وأن أثابر على طلب العلم، وأسخره لنفع الإنسان لا لأذاه.

وأن أوقر من علمني، وأعلم من يصغرنني، وأكون أختاً لكل زميل في المهنة

الطبية متعاونين على البر والتقوى.

وأن تكون حياتي مصداق إيماني في سري وعلانيتي،

نقية مما يشينها تجاه الله ورسوله والمؤمنين.

والله على ما أقول شهيدا



كلية الطب
والصيدلة - مراكش
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

أطروحة رقم 221

سنة 2020

كسور النهاية العلوية لعظم الفخذ: عوامل الخطر المورفولوجية

الأطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم 2020/11/16
من طرف

السيدة عبير الدلماكي

المزودة في 03 يونيو 1993 بمراكش

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية:

الكسر – النهاية العلوية لعظم الفخذ - الهندسة - الشكل – الكثافة المعدنية للعظام

اللجنة

الرئيس	ح. السعيدي	السيد
	أستاذ في جراحة لعظام والمفاصل	
	م. أ. بنهيمه	السيد
المشرفين	أستاذ في جراحة العظام والمفاصل	
	م. الغازي	السيدة
	أستاذة في امراض الروماتزم	
الحكام	ر. نعمان	السيد
	أستاذ في امراض الروماتزم	