

**REVIEW ARTICLE****Osteoporosis: What place for physical medicine and physical activity?**

Sarrah AITZIANE, Meriem RAHMANI, Hanene BELABBASSI

Service médecine physique et réadaptation, CHU Djillali Bounaama, Faculté de médecine Mahdi Si Ahmed, Université Saad Dahleb, Blida1, Blida – Algérie.

**ABSTRACT**

Osteoporosis is a diagnosis that is increasingly mentioned in medical practice; we are becoming more interested in this pathology, its pathophysiology, its consequences as well as its management. Being a true systemic disease, it has significant functional and even vital consequences. The preventive part of the treatment constitutes the essential pillar of management, by integrating different medical specialties making a multidisciplinary care circuit integrating rheumatology, physical medicine and rehabilitation, nutrition, internal medicine, neurology, orthopedics, etc. More and more studies have focused on the role of physical activity in the treatment of this pathology as a modifiable risk factor. The effect of this activity is explained by its role on anabolic bone stimulation called osteogenic, due to repeated mechanical impacts, which is exerted with great amplitude on all bone compartments. The different types of physical activities have been studied closely, to understand their effects, benefits, and indications. We tried to review the published studies to understand the effect of physical activity and its exact role in the management of this disease.

**ARTICLE HISTORY**

Received 23 Jun 2023

Accepted 17 Jul 2023

**KEYWORDS**

Osteoporosis, physical activity, treatment, sport.

**CORRESPONDING AUTHOR**

Sarrah AITZIANE

saramira2@hotmail.com

**1. GENERALITES**

**Definition** l'ostéoporose est une maladie systémique du squelette, caractérisée par une masse osseuse basse et une détérioration de la microarchitecture du tissu osseux conduisant à une augmentation de la fragilité osseuse et une augmentation du risque fracturaire.» (1). Etymologiquement : l'ostéoporose veut dire os poreux : C'est une raréfaction des travées d'os spongieux et amincissement de la corticale dont la minéralisation reste par ailleurs normale. La définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), de l'ostéoporose est une masse osseuse au-dessous de - 2.5 déviations standards (DS) en T score, qui situe un patient par rapport à la moyenne de la population à l'âge du pic de masse osseuse. Entre - 1 et - 2.5 DS en T score, il s'agit d'une ostéopénie. Au-dessus de - 1 DS, le patient est dans la limite de la normale.

**Epidémiologie** L'ostéoporose est devenue un véritable problème de santé publique en raison de l'augmentation importante de l'espérance de vie en un siècle, dépassant actuellement de 30 ans l'âge de la ménopause qui est autour de 50 ans. L'ostéoporose affecte plus de 200 millions de femmes dans le monde (essentiellement de race blanche), mais reste rare avant 50 ans. La fracture vertébrale est la plus fréquente (1 femme sur 5) suivie de la fracture du col fémoral qui reste la fracture la plus grave (1 femme sur 5 décèdera de ses complications). Seulement 19% des femmes ayant eu une fracture, reçoivent un traitement de l'ostéoporose. (2)

**Rôle de la médecine physique et réadaptation** le rôle de La médecine physique et réadaptation (MPR), dans le traitement de

l'ostéoporose, a été souvent négligé. La MPR a un double rôle: un premier rôle préventif soit primaire par la formation du capital osseux max en fin de croissance (adolescent), soit secondaire chez le sujet à risque non ostéoporotique (femme ménopausée) ou ostéoporose sans fractures (3). Le second rôle représentatif de la prise en charge des fractures ostéoporotiques déjà constituées, en fait il s'agit de la prise en charge des conséquences de l'ostéoporose, à savoir les différentes fractures post ostéoporotiques et les raideurs qui en résultent (rachis, fémur, radius) (4).

## 2. RAPPEL PHYSIOPATHOLOGIQUE ET MECANIQUE

### Notion de poutre composite

**Définition :** La poutre composite est l'association de deux matériaux de structure différente, unis solidairement et qui partagent les contraintes auxquelles ils sont soumis en fonction de leur module d'élasticité et leurs moments d'inertie (Rabischong et Avril) (5/6). **Poutre musculaire composite :** L'ensemble os-muscle constitue une poutre composite qui est plus résistante que chaque élément considéré séparément. Ainsi, pour Nordsletten et Ekeland, la contraction musculaire augmente de 23 % la rigidité du tibia en flexion et de 60 % la résistance à la rupture (Figure 1) (7)

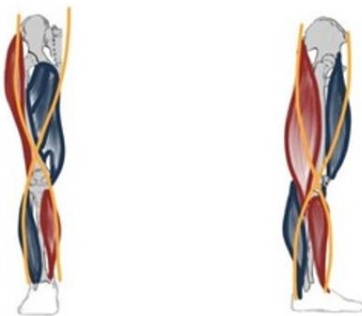


Figure1. schématisation poutre composite (os-muscle).

### L'os humain

Composition de L'os : l'os est composée essentiellement de collagène et d'hydroxyapatite. Le collagène, de type I, (90 %) a une mécanique en traction supérieure à sa résistance mécanique en compression. L'hydrox apatite. C'est un matériau rigide mais cassant, résistant à la compression. L'os humain est minéralisé à 45 % selon Seeman, il s'agit d'une valeur optimale (7/8). Si cette valeur diminue, l'os devient trop flexible en charge et rompt. S'il

est trop minéralisé, il devient cassant. Facteurs intervenants dans les caractéristiques physiques et mécaniques de l'os :

Plusieurs facteurs influencent les caractéristiques de l'os et ses capacités de résistance, les facteurs intrinsèques tels : L'âge, le sexe, des paramètres biologiques et hormonaux (pathologies endocriniennes, ménopause), l'hydratation du tissu, des pathologies osseuses. Les facteurs extrinsèques représentés par l'activité physique et sportive.

Effet du vieillissement sur la poutre musculaire composite : (8/9) Sur le muscle squelettique les modifications touchent à la fois l'histologie par la diminution de la densité en fibres musculaires (principalement de type II rapides) (Figure 2) (8).

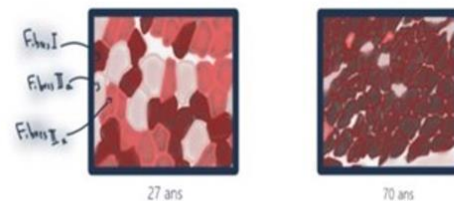


Figure2. modification du tissu musculaire avec l'âge .

L'anatomie par la réduction de la masse musculaire (sarcopénie). Sur le plan fonctionnel on aura une diminution de la force musculaire (Figure 3)

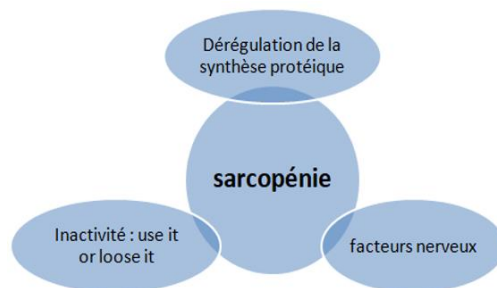


Figure3. Mécanismes impliqués dans le vieillissement musculaire .

Sur l'os, il y aura une modification histologique par la réduction de la densité minérale osseuse ou ostéopénie (Figure 4) (10). Par conséquent on verra une diminution de la résistance mécanique de l'os sur le plan fonctionnel.

Effets de l'activité physique sur l'os : les Contraintes mécaniques (activité physique et musculation) ont un effet bénéfique sur l'ensemble muscle-os en améliorant les propriétés mécaniques de l'os (7/9) en agissant sur (8/10): La masse osseuse, la densité osseuse ainsi que la texture osseuse. L'activité physique par les

contraintes mécaniques qu'elle exerce sur le squelette induit la formation du tissu osseux.

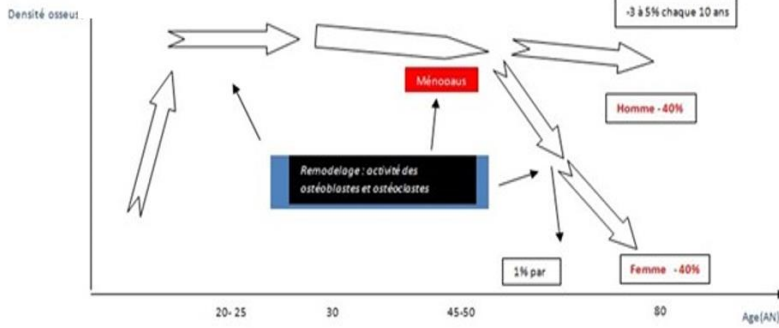


Figure4. évolution de la densité osseuse selon l'âge .

L'activité physique et la musculation influencent le métabolisme osseux car les contraintes en compression et en tractions sont de puissants stimuli ostrogéniques. Ces contraintes additionnent leurs effets. (Figure 5) (11)

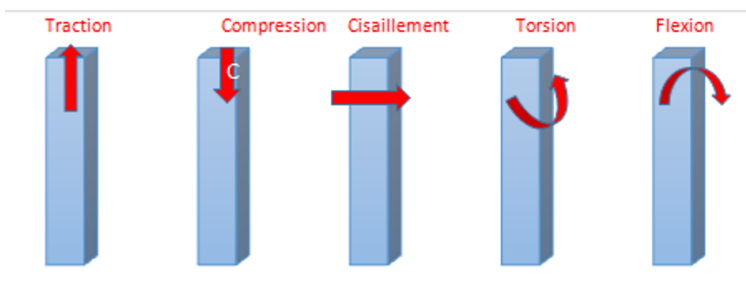


Figure5. les contraintes mécaniques appliquées sur l'os .

## PRISE EN CHARGE DE L'OSTEOPOROSE EN MEDECINE PHYSIQUE

Le rôle de médecine physique est avant tout préventif, basé essentiellement sur l'éducation thérapeutique des patients (ETP) (12,13); Selon les travaux du groupe multidisciplinaire SOLID'OS issu de la Société française de rhumatologie ainsi que les recommandations internationales, les cibles principales de l'ETP sont l'adhésion aux traitements, l'alimentation calcique (et hygiène de vie), l'activité physique et la prévention des chutes. L'éducation thérapeutique du patient (ETP) se base sur les données cliniques, paracliniques et socioprofessionnelles du sujet pour en établir les objectifs.

**1. Adhésion au traitement médical:** le traitement médical de l'ostéoporose, est un traitement long (un an ou plus), et qui doit être pris à une horaire fixe, pour se faire, le malade doit être

convaincu de son efficacité, et de la nécessité de l'assiduité et de son observance. Donc le médecin doit expliquer la maladie, ses complications et la nécessité du traitement (14-17).

**2. Alimentation Ca et vit D :** Le rôle d'une alimentation équilibrée riche en Calcium en vit D et en protéines, a été conseillée depuis plusieurs années par plusieurs équipes de recherche, notamment chez les personnes de race noire et obèses, et ce pour son effet sur l'os le muscle et sur l'amélioration de l'effet du traitement anti ostéoporotique (18). AAP (American Academy of Pédiatrie) nous rappelle que: si l'ostéoporose fait partie de la sénescence, elle trouve son origine dans la masse osseuse acquise et cela dès l'enfance par un apport alimentaire régulier en Ca+vit D. L'ensemble des études permet de conclure qu'il existe un effet positif de la vitamine D sur le risque de fracture, le muscle et le risque de chute pour des taux de 25OHD de l'ordre de 30 à 40 ng/ml (soit 75 à 100 nmol/l). parmi les études qui se sont intéressées à cet effet positif de la vit D, on citera une méta-analyse publiée en 2009 portant sur l'effet antifracturaire de la vitamine D (19-21). L'hygiène de vie est importante dans la prévention de l'ostéoporose, par la promotion de l'activité physique et la lutte contre les sédentarités associées à une alimentation équilibrée pour la prise en charge préventive et curative de l'ostéoporose (22). Depuis la loi HPST de 2009, l'éducation thérapeutique (ETP) « s'inscrit dans le parcours de soins du patient atteint de maladie chronique. Elle a pour objectif de rendre le patient plus autonome en facilitant son adhésion aux traitements prescrits et en améliorant sa qualité de vie ». Les premières étapes de l'ETP consistent à évaluer les besoins éducatifs du patient et déterminer les objectifs de la prise en charge. Il est nécessaire de préciser la difficulté d'instaurer cette éducation chez les patients, d'autant plus que l'ostéoporose n'est pas considérée comme étant grave avant la survenue de fractures et reste longtemps silencieuse, et parfois même avec des fractures minimes, les patients ne sentent pas le besoin d'adhérer à un circuit de soin personnalisé (23).

**3. Activité physique :** L'OMS définit l'activité physique comme: tout mouvement corporel produit par les muscles qui requiert une dépense d'énergie – ce qui comprend les mouvements effectués en travaillant, en jouant, en accomplissant les tâches ménagères, en se déplaçant et pendant les activités de loisirs. (24,25).

### 3.1 Principes de l'exercice cible dans l'ostéoporose

**Spécificité :** Les effets ostéogéniques de l'exercice devraient être spécifiques aux sites anatomiques où la contrainte mécanique se produit. Des études plaident nettement en faveur de l'effet osseux local des contractions musculaires au voisinage des insertions périostes, « ...la pratique quotidienne d'exercices simples du muscle psoas, et ce pendant un an, ralentit la perte osseuse lombaire de façon significative par rapport à un groupe de contrôle... » (26).

**Stimulation** pour augmenter la densité osseuse selon mécanostat, l'activité physique est essentielle chez les adultes, car il réduit le taux de perte osseuse pendant la période péri-ménopause, et décélère la perte osseuse associée au vieillissement. (26, 27).

**Réversibilité:** Chez les adultes, les gains de la densité osseuse pendant un programme d'exercice seront perdues si le programme est arrêté (contrairement aux enfants)

**Valeurs initiales:** La réponse de l'os à une charge accrue est plus grande lorsque la masse osseuse est inférieure à la moyenne par rapport aux personnes qui ont une bonne densité osseuse.

**Effet Retours:** Les gains les plus importants de la densité osseuse seront vus au début un programme d'exercice. Après l'augmentation initiale, les avantages se poursuivent, mais à un rythme plus lent (28, 29). Variété: enrichir le programme

**La durée de l'activité physique :** cette durée de pratique d'activité physique est également importante ; jusqu'à 2 heures par semaine est considéré influencer positivement sur le maintien de la masse osseuse (30). (activité avec mise en charge) .Selon l'institut national de la santé et de la recherche médicale : Le risque de fracture du col du fémur est diminué de 6 % pour chaque augmentation de dépense énergétique équivalente à 1 heure de marche par semaine. Les femmes qui marchent au moins 4 h par semaine ont un risque diminué de 40 % par rapport aux femmes sédentaires marchant moins de 1 h par semaine(30).

**L'étude européenne ostéoporose vertébrale (d'EVOS) :** incluant 884 femmes atteintes de déformation vertébrale et 6646 contrôles âgés de 50-79, a démontré que la marche ou le vélo plus de 30 minutes par jour réduit de 20% le risque des déformations vertébrales chez les femmes actives par rapport aux femmes inactives.

**3.2 Efficacités des différents types d'exercices :** l'effet sur l'os varie d'un exercice à un autre, il a été conclu après comparaison entre : la natation(31), le jardinage, la marche ou la course à pied (32), et le cyclisme, que la marche et /course à pied reste le meilleur exercice physique, avec des effets bénéfiques sur le couple os-muscle, alors que la natation par exemple n'avait de l'effet que sur le muscle (33) (force musculaire et souplesse) (34-37).

**3.3 Différents types d'exercices en MPR :** plusieurs protocoles de prise en charge ont été proposés pour la prise en charge préventive de l'ostéoporose et de ses conséquences (38), ces protocoles sont des combinaisons de plusieurs types d'exercices spécifiques (39,40), parmi ces exercices :

**3.3.1 Renforcement musculaire :** exercices spécifique pour chaque muscle ou groupe musculaire, en privilégiant les muscles du rachis, bassin et de l'avant bras (41). Des exercices de flexion de cuisse en position assise avec un poids à la cheville pour solliciter le psoas et agir sur le remodelage osseux des corps

vertébraux lombaires. Des exercices d'extension lombaire en pronobitus pour solliciter les muscles spinaux, seuls muscles insérés sur les vertèbres dorsales. Des exercices de pronosupination contre résistance recrutant en particulier le muscle carré pronateur inséré sur l'extrémité inférieure du radius. Des exercices d'abduction de cuisse en décubitus latéral avec le membre inférieur en rectitude et un poids à la cheville pour recruter le moyen fessier inséré sur l'extrémité supérieure du fémur.

**3.3.2 Exercices posturaux :** dont le but n'est que la correction posturale (anti-cyphose). L'exercice est réalisé dans la position assise ou debout, les yeux ouverts ou fermés .face au miroir (biofeedback visuel).

**3.3.3 Exercices de flexibilité (assouplissement) (42):** leur but est de maintenir l'élasticité et la longueur du muscle et l'amplitude du mouvement des articulations, améliorer la posture, réduire la douleur et par conséquent améliorer la capacité fonctionnelle. Ces exercices vont cibler tous les groupes musculaires concernés par le renforcement (tout muscle renforcé doit être assoupli) (43)

**3.3.4 Exercices pour améliorer la capacité fonctionnelle -** L'ostéoporose et les activités de la vie quotidienne : c'est le principe de l'ergonomie articulaire. Le programme d'exercices devient plus efficace si elle est combinée avec l'utilisation du corps propre la mécanique et de la posture dans les activités quotidiennes. Nécessite un apprentissage préalable (ergothérapeute). Il faut privilégier les exercices avec mise en charge. Selon l'OMS, le sport est par conséquent un « sous-ensemble de l'activité physique, spécialisé et organisé » (44,45). En gros l'activité physique améliore la qualité de vie : et ce en influant sur plusieurs éléments (46,47), en premier lieu en stimulant l'ostéogenèse et en améliorant la masse musculaire. Sur le plan métabolique elle aura un effet régulateur de l'obésité et des troubles métaboliques, qui aura comme conséquence directe une amélioration de l'équilibre avec diminution du risque de chute. Et comme finalité fonctionnelle on aura un effet de bien être avec amélioration des relations sociales (activité de groupe). L'ensemble de ces éléments aura pour conséquence une optimisation de l'autonomie avec valorisation du soi, et par conséquent une amélioration de la qualité de vie de la personne âgée. (44,48)

**3.4 Autres :**

**Effet des vibrations :** Les plates-formes de vibration sont utilisées dans la réhabilitation de l'ostéoporose. Technique non-invasive utilisée en courte durée, basée sur une stimulation mécanique qui pourrait avoir un impact sur l'ostéoporose. Le chargement mécanique de l'os peut être fait avec application de vibrations qui combinent des charges dynamiques et de haute intensité sur le chargement du squelette (49). Chez les femmes ménopausées, la densité de l'os et la force musculaire ont augmenté de 1% au bout de 6 mois d'exercices sur une plate-

forme vibrante de l'appareil extenseur du genou en statique et dynamique (35 à 40 Hz, 2.28-5.09g). Cependant, ces augmentations ont été également évidentes dans le groupe de comparaison des femmes qui ont effectué des exercices de résistance traditionnels. Une étude effectuée sur les jeunes hommes immobilisés (Berlin étude sur l'alitement) a conclu qu'une combinaison des vibrations et des exercices de résistance permet de prévenir la perte osseuse due à l'immobilisation (49).

**Orthèses modernes dans l'ostéoporose :** c'est les corsets anti cyphoses, indiqués en cas de cyphose et d'effondrement du rachis, fréquents chez le sujet âgé, avec comme effets : redressement postural, diminution de la cyphose et diminution de la douleur. L'inconvénient c'est que ces orthèses sont parfois mal tolérées chez le sujet âgé.

### 3. PARTICULARITES SELON L'AGE

**Sujet âgé :** en suivant pendant 2 ans plus de 3 000 retraités non institutionnalisés, on a montré que, après 65 ans, l'activité physique régulière, en particulier la marche (au moins 1,6 km trois fois par semaine), réduit le risque de fractures. Durée: 2 heures / semaines sont bénéfiques (50).

**Enfant et adolescent :** Il faut entraîner les enfants et les adolescents à avoir une activité sportive régulière et guider leur choix vers des activités en charge avec un impact important comme l'athlétisme, la danse (quel que soit le genre), les jeux collectifs de balle (football, basketball, volley-ball, tennis...etc.), les sports de combat. L'incitation doit être scolaire et extrascolaire.

### 4. PREVENTION DES CHUTES

L'OMS définit la chute comme un événement à l'issue duquel une personne se retrouve, par inadvertance, sur le sol ou toute autre surface située à un niveau inférieur à celui où elle se trouvait précédemment. Incident très fréquent chez le sujet âgé, et source de fracture, de handicap voire de décès. La prévention primaire de la chute se fait sur différents niveaux (51). Le premier volet d'action repose sur la correction des facteurs de risque des chutes intrinsèques (âge supérieur à 80 ans, parkinson,...), et extrinsèques (manque d'éclairage, présence d'escaliers...etc.). Le second volet c'est le recours aux aides techniques telles les cannes, le déambulateur, le tapis antidérapant, le bon chaussage, le protecteur de hanche ...etc. associé à ces deux volets nous citerons le rôle de la kinésithérapie basée sur des exercices adaptés et personnalisés ; on insistera sur les exercices d'équilibre et de coordination. L'activité sportive la plus citée étant le Tai chi qui se compose de mouvements lents et rythmés insistant sur la rotation du tronc, le déplacement du poids et la

coordination, (52,53). La prévention secondaire comprend la prise en charge rapide après une éventuelle chute en insistant sur la Verticalisation précoce afin d'inhiber l'appréhension et la peur engendrée par la chute. Plusieurs études se sont intéressées à la prise en charge du chuteur et du chuteur potentiel, parmi lesquelles la méta-analyse de FICSIT qui repose sur le suivi de deux à quatre ans d'environ 2 300 femmes de plus de 65 ans, confirme que l'exercice physique améliore les aptitudes physiques des personnes âgées et montre que l'entraînement physique réduit le risque de chutes, notamment quand les programmes d'activité physique incluent un travail de l'équilibre (54-56).

### 5. LA PRISE EN CHARGE DES FRACTURES OSTÉOPOROTIQUES

L'ostéoporose est responsable de fractures, appelées fractures ostéoporotiques, dont les plus fréquentes la fracture de l'extrémité supérieure du fémur, la fracture du rachis (tassement vertébral) et la fracture de l'extrémité inférieure du radius. Ces fractures sont de loin les plus fréquentes, et sont sources de raideur, douleur, gêne fonctionnelle, voire de complications neurologiques (pour les fractures du rachis). La littérature a montré également l'intérêt des exercices dans la prévention des fractures ostéoporotiques par des exercices ciblés (57-59). Leur traitement est long et onéreux, nécessitant une prise en charge en traumatologie (par traitement orthopédique ou chirurgicale), suivi de séances de rééducation, pouvant parfois nécessitant une hospitalisation avec recours à des aides techniques (60).

### 6. CONCLUSION

Outre le traitement médical, le rôle de l'activité physique de la médecine physique et de réadaptation a été approuvée par les différentes études. L'intégration de ce volet comme pilier préventif est plus que nécessaire vu son rôle bénéfique sur différents paramètres. Différentes sociétés savantes ont annoncé des recommandations sur la durée et l'intensité de cette activité physique. La pratique modérée de l'activité physique (au moins 20 minutes 3 fois par semaine), ou l'activité d'intensité élevée entraînerait bien une diminution de la mortalité prématurée, une amélioration du sommeil et augmentation de l'espérance de vie, des bénéfices sur l'appareil musculosquelettique, un intérêt sur le système cardiovasculaire et la prévention de l'obésité et du diabète, le bien-être et amélioration de la qualité de vie.

**Déclaration d'intérêts :** les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.



## 7. REFERENCES

- Gabriella Shanks, Devina Sharma, Vinita Mishra. Prevention and treatment of osteoporosis in women .Obstetrics, Gynaecology & Reproductive Medicine Volume 29, Issue 7 July 2019 Pages 201-206.(utiliser dans introduction ya des généralités )
- Claire Davida,Tomas Boinetb ,L'ostéoporose, une maladie silencieuse. Actualités pharmaceutiques • n° 585 • avril 2019; 2019 Elsevier Masson SAS.
- Michel Caulier .Ostéoporose et kinésithérapie, 2es journées de formation continue : JFK 2009 Kinesither Rev 2009;(85-86):19-92
- E Legrand, I Degasne, D Chappard, MF Basle, M Audran .Ostéoporoses Encyclopédie Médico-chirurgicale 14-027-G-10
- Jun Iwamoto ;A Role of Exercise and Sports in the Prevention of Osteoporosis . [Article in Japanese] clin calcium 2017;27(1):17-23.
- Ostéoporose et fractures le point de vue des orthopédistes Initiative des Chirugiens Orthopédistes International Osteoporosis Foundation International Society for Fracture Repair Bone and Joint Decade.
- Rabishong P, Avril J : Role biomécanique des poutres composites os-muscles, Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil locomoteur, tome 51, n° 5, 1965, p.437-458.
- Z.Bensalah Frih. Viellissement de l'appareil locomoteur, CEC Gériatrie. 27/02/2013.
- Le vieillissement humain Corpus de Gériatrie - Janvier 2000.185p
- P, Lafforgue. Adaptation de l'os à l'effort, ENCYCLOPÉDIE MÉDICO-CHIRURGICALE appareil locomoteur, volume8 N° 2 Avril 2013
- M.A. Mayoux-Benhamou, M. Place de l'exercice physique dans la prévention de l'ostéoporose Revel La Lettre du Rhumatologue - n° 241 - avril 1998
- AminaBelgacemPhDacChédiaLaouani KechridDrbAmelNouiraDrbMohamed Ben DhiabDrbSoniaSoussiDrcSouadChelbi(Dr)b. Evaluation of the effectiveness of an educational program in the prevention of osteoporosis among Tunisian pre-menopausal women working in sedentary occupations: Research protocolDoi : 10.1016/j.refiri.2020.100212
- D Pinto, M Alshahrani , R Chapurlat, T Chevalley , E Dennison , B M Camargos et al.The global approach to rehabilitation following an osteoporotic fragility fracture: A review of the rehabilitation working group of the International Osteoporosis Foundation (IOF) committee of scientific advisors. 2022 Mar;33(3):527-540. Epub 2022 Jan 20. International Osteoporosis Foundation and National Osteoporosis Foundation.
- L. M. Giangregorio, A. Papaioannou , N. J. MacIntyre , M. C. Ashe, A. Heinonen, K. Shipp, J et al. M Too Fit to Fracture: exercise recommendations for individuals with osteoporosis or osteoporotic vertebral fracture. Cheung International Osteoporosis Foundation and National Osteoporosis Foundation 2013.
- Laurent Grange Gérard Chales Françoise Alliot Launois et al .Livre blanc des états généraux de l'ostéoporose - 2016 2017, Pages 91-132.
- Morell S, Hemmeler C, Amsler F, Gross T. Adherence to osteoporosis pharmacotherapy one year after osteoporotic fracture - a Swiss trauma center secondary prevention project. Swiss Med Wkly. 2017;147:w14451.
- ClaireDavid , TomasBoinet. L'ostéoporose, une maladie silencieuseOsteoporosis, a silent disease . Actualités Pharmaceutiques Volume 58, Issue 585, April 2019, Pages 12-16.
- P Fardellone .Alimentation et appareil ostéoarticulaire. Activité physique alimentation et oséoporose ; 2018, Elsevier Masson, Pages 331-335.
- J C Souberbielle. Vitamine D, (1,25\_dihydroxyvitamineD, 25\_OH\_vitamineDet autres métabolites, EMC\_Biologie médicale, volume 9, n° 4 Décembre 2014
- Les 10 miracles qui viendront sauver Gaétan Barrette en 2015 Le Huffington Post Quebec-6 Jan 5, 2015, 10:12 AM EST Updated Mar 8, 2015
- Roberto Coronado-Zarco, Andrea Olascoaga-Gómez de León,Araceli García-Lara, Jimena Quinzanos-Fresnedo, Salvador Israel Macías-Hernández .Non pharmacological interventions for osteoporosis treatment: Systematic review of clinical practice guidelines Osteoporosis and SarcopeniaVolume 5, Issue 3September 2019Pages 69-77
- Gabriel M Pagnotti , Maya Styner , Gunes Uzer , Vihitaben S Patel , Laura E Wright , Kirsten K Ness , Theresa A Guise, Janet Rubin , Clinton T Rubin Combating Osteoporosis and Obesity With Exercise: Leveraging Cell Mechanosensitivity .nat Rev endocrinol 2019 Jun;15(6):339-355.
- Eric Lespessailles, Virginie Martailé, Catherine Beauvais. Needs and educational objectives in osteoporotic patients .Revue du Rhumatisme monographies Volume 80, numéro 3 pages 157161 (juin 2013).
- Julien Paccoua Christophe Ribeirob. Physical activity and skeletal health in adults. Revue du Rhumatisme Monographies ; Volume 88, Issue 3, June 2021, Pages 213-218.
- Jean-Luc Ziltener, Sandra Leal, Stéphane Borloz N° 332 Articles thématiques : Rhumatologie .Activités physiques – sport et arthrose Rev Med Suisse 2012;564-570.
- Maria Grazia Benedetti, Giulia Furlini ,Alessandro Zati ,Giulia Letizia Mauro.The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients. eCollection Dec 23;2018:4840531.
- Chatchaya Tschäppät, Thierry Ettlin, Ulrich Gerth . Importance de l'activité physique pour la structure osseuse ; 18.08.2021, Forum Med Suisse. 2021;21(3334):586-587.
- Kelley GA, Kelley KS. Dropouts and compliance in exercise interventions targeting bone mineral density in adults: a meta-analysis of randomized control tirals. J Osteoporos. 2013;250423.
- Sabrina Morell, Thomas Gross .L'exercice physique pour prévenir ou traiter l'ostéoporose. 31.01.2018. Forum Med Suisse 2018;18(05):99-104.
- Yannis Dionyssiotis. Rehabilitation in Osteoporosis Greece .Laboratory for Research of the Musculoskeletal System. Greece, 2010 c. http://dx.doi.org/10.5772/29205
- Moreira LD, Cerveira F, Nolasco dos Santos R, Zach PL, Kunii IS, et al. The benefits of high-intensity aquatic exercise program (HydrOS) for bone metabolism and bone mass of postmenopausal women. J Bone Miner Metab. 2014;32(4):411-9.
- Hinton PS, Nigh P, Thyfault J. Effectiveness of resistance training or jumping-exercise to increase bone mineral density in men with low bone mass: a 12-month randomized, clinical trial. Bone. 2015;79:203-12.
- Murtezani A, Nevzati A, Ibraimi Z, Sllamniku S, Meka VS, et al. The Effect of Land versus Aquatic Exercise Program on Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women with Osteoporosis: a Randomized Controlled Trial. Ortop Traumatol Rehabil. 2014;3(6);16,319-25.
- Activité physique, contextes et effets sur la santé Une expertise collective de l'Inserm Paris, le 1er avril 2008 ; 2008\_04\_01\_CP\_ExpCol\_ActivPhysSante ; Éditions Inserm, mars 2008, 832 pages.
- Belinda R Beck ,Robin M Daly ,Maria A Fiatarone Singh ,Dennis R Taaffe.Exercise and Sports Science Australia (ESSA) Position Statement on Exercise Prescription for the Prevention and Management of Osteoporosis . 2017 May;20(5):438-445. 2016 Sports Medicine Australia. Published by

Elsevier Ltd.

36. Athan Baillet, Julie Soulard, Romain Gastaldi, Sébastien Baillieux Physical activity and chronic inflammatory rheumatic diseases June 2021, pp <https://doi.org/10.1016/j.monrhu.2020.12.009>
37. AnneTournadre . Physical activities in rheumatology: It is possible and necessary, locked-down or not! The benefits of physical activity, the fight against sedentary lifestyle in chronic diseases; *Revue du Rhumatisme Monographies* Volume 88, Issue 3, June 2021, Pages 173-176.
38. Frédéric Costes. Effets physiologiques de l'activité physiquePhysiological adaptations with physical activity. *Revue du Rhumatisme Monographies* ; Volume 88, Issue 3, June 2021, Pages 183-186
39. Robin M. Daly, Jack Dalla Via, Rachel L. Duckham, Steve F. Fraser, Eva Wulff Helge Exercise for the prevention of osteoporosis in postmenopausal women: an evidence-based guide to the optimal prescription *Brazilian Journal of Physical Therapy*Volume 23, Issue 2March–April 2019Pages 170-180.
40. Linda Denise Fernandes Moreira , Fernanda Cerveira A. O. Fronza , Rodrigo Nolasco dos Santos , Patrícia Lins Zach et al. The benefits of a High-intensity aquatic exercise program (HydrOS) for bone metabolism and bone mass of postmenopausal women .(2014) 32:411–419 *J Bone Miner Metab* (2014) 32:411–419.
41. Wilhelm M, Roskovensky G, Emery K, Manno C, Valek K, Cook C. Effect of Resistance Exercises on Function in Older Adults with Osteoporosis or Osteopenia: A Systematic Review. *Physiother Can.* 2012;64(4):386–94.
42. Gray M, Di Brezzo R, Fort IL. The effects of power and strength training on bone mineral density in premenopausal women. *J Sports Med Phys Fitness.* 2013;53(4):428–36.
43. Robin M Daly , Jack Dalla Via , Rachel L Duckham , Steve F Fraser , Eva Wulff , HelgeExercise for the Prevention of Osteoporosis in Postmenopausal Women: An Evidence-Based Guide to the Optimal Prescription .*Braz Journ Phys Ther* Mar-Apr 2019;23(2):170-180. Epub 2018 Nov 22.
44. Xiaoyang Tong , Xi Chen , Shihua Zhang, Mei Huang , Xiaoyan Shen , Jiake Xu , Jun Zou.The Effect of Exercise on the Prevention of Osteoporosis and Bone Angiogenesis .*BIOMED RES INT* 2019 Apr 18;2019:8171897.
45. Ireland A, Rittweger J. Exercise for osteoporosis: how to navigate between overeagerness and defeatism. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2017;17(3):155–61.
46. Moreira LD, Longo de Oliveira M, Lirani-Galvão AP, Marin-Mio RV, Nosasco dos Santos R, et al. Physical exercise and osteoporosis: effects of different types of exercises on bone and physical function of postmenopausal women. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2014;58(5):514–22.
47. Beck BR, Daly RM, Singh MA, Taaffe DR. Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. *J Sci Med Sport.* 2016;10:1–8.
48. Guido Schröder, Andreas Knauerhase, Guenther Kundt,Hans-Christof Schober, Schröder et al ,Effects of physical therapy on quality of life in osteoporosis patients - a randomized clinical trial. *Health and Quality of Life Outcomes* 2012,
49. A Ireland 1 , J J Rittweger ;Exercise for Osteoporosis: How to Navigate Between Overeagerness and Defeatism. *Journal of musculoskelet neuronal interaction* 2017 Sep 1;17(3):155-161.
50. Yannis Dionyssiotis, Grigorios Skarantavos and Panayiotis Papagelopoulos. Modern Rehabilitation in Osteoporosis, falls, and Fractures. 1st Department of Orthopaedics, General University Hospital Attikon, Chaidari, Greece, 2010 c. 2014; 7: 33–40 Published online 2014 Jun 12. <https://doi.org/10.4137%2FCMAMD.S14077>
51. Beegan L, Messenger-Rapport BJ. Stand by me! Reducing the risk of injurious falls in older adults. *Cleve Clin J Med.* 2015;82(5):301–7.
52. Mikó I, Szerb I, Szerb A, Poor G. Effectiveness of balance training programme in reducing the frequency of falling in established osteoporotic women: randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2017;31(2):217–24.
53. Chang JT, Morton SC, Rubenstein LZ, Mojica WA, Maglione M, Suttrop MJ, et al. Interventions for prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Brit Med J.* 2004;328:680–4.
54. Escalon H, Vuillemin A, Erpelding M-L, Oppert Jm. Activité physique, sédentarité et surpoids. *Inpes Baromètre santé nutrition* 2008
55. F. Guillemin , L. Martinez , M. Calvert , C. Cooper , T. Ganiats, M. Gitlin et al. Fear of falling, fracture history, and comorbidities are associated with health-related quality of life among European and US women with osteoporosis in a large international study *International Osteoporosis Foundation and National Osteoporosis Foundation* 2013.
56. Olivier Beauchet Cédric Annweiler. Que faire face à une personne âgée qui fait des chutes répétées ? Les nouvelles recommandations pour la pratique clinique de la Haute Autorité de Santé. *Annales de Gériatologie* • vol 2, n° 4, décembre 2009.
57. Kemmler W, Bebenek M, Kohl M, von Stengel S. Exercise and fractures in postmenopausal women. Final results of the controlled Erlangen Fitness and Osteoporosis Prevention Study (EFOPS). *Osteoporos Int.* 2015;26(10):2491–9.
58. Kemmler W, Häberle L. Effects of exercise on fracture reduction in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis Int.* 2013;24(7):1937–50.
59. Adler RA. Secondary fracture prevention. *Curr Osteoporos Rep.* 2012;10(1):22–7.
60. Karine Briot, Christian Roux , Thierry Thomas , Hubert Blain , Daniel Buchon , Roland Chapurlat, et al .2018 Oct;85(5):519-530. doi: 10.1016/j.jbspin.2018.02.009 Update of French Recommendations on the Management of Postmenopausal Osteoporosis