

Nutrition et activité physique : une combinaison gagnante pour la santé osseuse

Pascale Grégoire-Pelchat, Dt.P, Alexis Marcotte-Chénard, M. Sc., Eléonor Riesco, Ph. D. and Geneviève Mailhot, Dt.P., Ph. D.

Volume 17, Number 1, Spring 2019

Nutrition, santé osseuse et dentaire : de la physiologie à la pratique

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1062453ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1062453ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Ordre professionnel des diététistes du Québec

ISSN

2561-620X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Grégoire-Pelchat, P., Marcotte-Chénard, A., Riesco, E. & Mailhot, G. (2019). Nutrition et activité physique : une combinaison gagnante pour la santé osseuse. *Nutrition Science en évolution*, 17(1), 13–19.
<https://doi.org/10.7202/1062453ar>

Tous droits réservés © Ordre professionnel des diététistes du Québec, 2019

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

<https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/>

NUTRITION ET ACTIVITÉ PHYSIQUE : UNE COMBINAISON GAGNANTE POUR LA SANTÉ OSSEUSE

Pascale Grégoire-Pelchat, Dt.P., candidate à la maîtrise, Dt. P., Centre de recherche du CHU Sainte-Justine, Département de nutrition, Faculté de médecine, Université de Montréal. **Alexis Marcotte-Chénard**, M. Sc., Centre de recherche sur le vieillissement, CIUSSS de l'Estrie-CHUS, Faculté des sciences de l'activité physique, Université de Sherbrooke. **Eléonor Riesco**, Ph. D. Centre de recherche sur le vieillissement, CIUSSS de l'Estrie-CHUS, Faculté des sciences de l'activité physique, Université de Sherbrooke. **Geneviève Mailhot**, Dt.P., Ph. D., Centre de recherche du CHU Sainte-Justine, Département de nutrition, Faculté de médecine, Université de Montréal.



L'acquisition et le maintien de la masse osseuse tout au long de la vie sont des processus dynamiques régulés par plusieurs facteurs. Le bagage génétique explique 60 à 80 % de la variabilité de la masse osseuse alors que les habitudes de vie et le statut hormonal influencent les 20 à 40 % restants. Cet article présente les dernières connaissances sur l'influence de la nutrition et de l'activité physique (AP) sur la santé osseuse. Un accent particulier est mis sur les nutriments et les types d'AP pour lesquels les preuves scientifiques sont les plus solides.

14 SANTÉ OSSEUSE ET NUTRITION

Calcium

Le calcium entre dans la formation des cristaux d'hydroxyapatite nécessaires au maintien de la structure, de la rigidité, de la solidité et de l'élasticité de l'os^[1]. Les besoins en calcium varient selon l'âge en raison de la croissance squelettique, du remodelage osseux et du maintien de la masse osseuse à l'âge adulte (tableau 1)^[1].

Même en tenant compte de la supplémentation, les apports en calcium de la population québécoise sont insuffisants, particulièrement chez les personnes de 51 ans^[3,4]. Les apports en calcium proviennent majoritairement des produits laitiers (59,2 %), des produits céréaliers (14,8 %) et des légumes et fruits (10,8 %)^[4]. Le tableau 2 présente quelques sources alimentaires de calcium et leur biodisponibilité.

Chez les enfants, les bienfaits du calcium (provenant des aliments ou des suppléments) pour la santé osseuse sont bien documentés. Chez les enfants ayant des apports insuffisants, une supplémentation en calcium

Tableau 1. Apports nutritionnels recommandés (ANR) en calcium selon l'âge et le sexe^[2]

		ANR (mg/jour)
Nourrissons	0-6 mois	200*
	6-12 mois	260*
Enfants (1 à 18 ans)	1-3 ans	700
	4-8 ans	1 000
	9-18 ans	1 300
	Grossesse et allaitement	1 300
Adultes (> 18 ans)	19-50 ans	1 000
	51-70 femmes	1 200
	51-70 hommes	1 000
	> 70 ans	1 200
	Grossesse et allaitement	1 000

*Apport suffisant

(dans l'alimentation ou sous forme de suppléments) est associée à une légère augmentation de la densité minérale osseuse (DMO) et du contenu minéral osseux (CMO)^[1,9,10]. Les études chez les adultes portent majoritairement sur les femmes ménopausées. Des apports quotidiens de 1 200 mg de cal-

cium (provenant de suppléments de carbonate de calcium ou de l'alimentation), pendant au moins 2 ans, sont efficaces et sécuritaires pour retarder l'accélération de la perte de masse osseuse associée à la ménopause^[11]. Cependant, les études divergent sur les possibles bienfaits d'un apport

Tableau 2. Sources de calcium et biodisponibilité^[5-7]

Sources	Portion	Teneur en calcium (mg)	Biodisponibilité (%)
Fromage cheddar ou autre fromage ferme	50 g	396-506	32,1
Tofu préparé avec sulfate de calcium	150 g (175 ml)	302-525	32,1
Lait ou lait de soya enrichi	250 ml	291 à 324	31,0 à 32,1
Yogourt	175 ml	180-283	32,1
Saumon en conserve, avec arêtes	75 g	179-212	22,5(8)
Jus d'orange enrichi de calcium	125 ml	155	50,0
Chou vert frisé (kale), congelé, cuit	125 ml	95	49,3
Haricots blancs	175 ml	93-141	21,8
Tahini	30 ml	130	n. d.*
Amandes	60 ml	93	21,2
Épinards, cuits	125 ml	129	5,1

*Non déterminé

Tableau 3. Avantages et désavantages des différentes sources de calcium ^[1,16]

	Calcium alimentaire	Carbonate de calcium	Citrate de calcium
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Permet une répartition plus constante des apports au cours de la journée; • Moins d'effets secondaires. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plus grande proportion de calcium élémentaire¹ que le citrate de calcium (40 % par comprimé); • Plus petits comprimés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Absorption non dépendante de l'acidité gastrique²; • Peut être pris à jeun; • Symptômes gastro-intestinaux moins fréquents comparativement au carbonate de calcium.
Désavantages	<ul style="list-style-type: none"> • Peut être plus difficile d'atteindre les besoins comparativement à la prise de suppléments; • Biodisponibilité et quantité de calcium variable selon les sources alimentaires. 	<ul style="list-style-type: none"> • Absorption dépendante de l'acidité gastrique, à prendre avec des aliments; • Symptômes gastro-intestinaux plus fréquents. 	<ul style="list-style-type: none"> • Moins grande proportion de calcium élémentaire que le carbonate de calcium (21 % par comprimé); • Plus gros comprimés: plus difficiles à avaler.

¹ Terme utilisé pour quantifier le calcium réellement présent dans un supplément

² Forme à privilégier chez les personnes prenant des inhibiteurs de la pompe à protons ou des antihistaminiques

Tableau 4. Apports nutritionnels recommandés (ANR) en vitamine D selon l'âge et le sexe ^[2]

	Nourrissons (< 1 an)	Enfants (1 à 18 ans)	Adultes (19 à 70 ans)	Adultes (> 70 ans)	Grossesse et allaitement
ANR (UI/jour)	400*	600	600	800	600

*Apport suffisant

élevé ou d'une supplémentation en calcium sur la diminution du risque de chute ou de fracture chez les personnes âgées ^[12-15].

Recommandations

Le tableau 3 compare les avantages et désavantages de deux types de suppléments de calcium et du calcium alimentaire. Il est certes préférable de combler les besoins en calcium par l'alimentation puisque le calcium alimentaire est associé à moins d'effets secondaires que les suppléments. Toutefois, les enfants, les adolescents et les femmes ménopausées qui ont des apports insuffisants en calcium bénéficieraient d'une supplémentation. L'avantage d'une supplémentation de calcium sur la santé osseuse chez les personnes ayant des apports en calcium adéquats n'est cependant pas démontré.

Vitamine D

La forme active de la vitamine D, le calcitriol ou 1,25(OH)₂D, exerce une action sur les reins, les os et les intestins afin d'augmenter les niveaux sériques de calcium et de phosphore ^[1]. La vitamine D est également nécessaire au développement des fibres musculaires, ce qui diminuerait le risque de chute chez les personnes âgées ^[1,17]. Les besoins en vitamine D ont été établis en fonction d'un taux sanguin optimal de 25-hydroxyvitamine D pour la santé osseuse, soit 50 nmol/L (tableau 4) ^[1].

Les apports alimentaires en vitamine D de la population québécoise sont insuffisants étant donné le peu de sources alimentaires disponibles ^[4]. Le tableau 5 résume les meilleures sources alimentaires de vitamine D. Chez la population québécoise, la vitamine D alimentaire provient

principalement des viandes et substituts (41 %), plus particulièrement du poisson (27 %), ainsi que des produits laitiers (39 %) ^[4]. Malgré des apports alimentaires insuffisants et un taux de supplémentation en vitamine D de 34 % ^[18], les taux sériques moyens de 25OHD des Canadiens et Canadiennes dépassent le taux visé de 50 nmol, et ce, même en hiver ^[19].

Bien que la vitamine D ait un rôle physiologique reconnu en santé osseuse ^[1], les études de supplémentation, particulièrement chez les personnes âgées, ne font pas consensus. Chez les enfants, une preuve scientifique crédible démontre le rôle de la vitamine D sur le CMO. En effet, la moitié des études ont noté un effet positif de la supplémentation en vitamine D ^[10]. La supplémentation en vitamine D chez les adultes ne serait pas efficace à prévenir l'os-

Tableau 5. Teneur en vitamine D (UI) des principales sources alimentaire ^[20]

Sources	Portion	Vitamine D (UI)
Lait et boisson végétale enrichis	250 ml	86 à 103
Yogourt enrichi	175 ml	82 à 113
Poissons gras (saumon, truite, etc.)	75 g	52 à 761
Margarine	10 ml	59 à 72
Champignons shiitakes séchés	10 champignons (36 g)	55
Jus d'orange enrichi	125 ml	50
Céréales à déjeuner enrichies*	250 ml	20 à 50
Oeuf	1 gros œuf	29
Fromage cheddar	50 g	7

*Données provenant des étiquettes nutritionnelles de différentes céréales populaires enrichies en vitamine D.

téoporose ^[21]. Elle ne diminuerait pas non plus le risque de fracture chez les adultes de plus de 50 ans, même lorsque combinée à une supplémentation en calcium ^[13,14,22]. Toutefois, la supplémentation permettrait de diminuer le taux de chute des personnes âgées dans les centres d'hébergement en raison de son effet sur le développement des fibres musculaires ^[15].

Recommandations

Les populations bénéficiant le plus d'une supplémentation en vitamine D sont celles qui présentent un risque de déficience : enfants en bas âge, personnes atteintes de malabsorption, personnes âgées en institution et personnes s'exposant très peu au soleil ^[1]. Pour ce qui est du type de supplémentation, il existe deux formes de vitamine D (D2 et D3); la vitamine D3 est celle qui est la plus fréquemment consommée au Canada et la plus biodisponible ^[13].

Protéines

Les protéines, présentes dans la matrice osseuse ^[23], forment un tiers de la masse osseuse ^[24]. Leur ingestion stimule la production d'acide

gastrique, lequel augmente l'absorption du calcium ^[1]. Des apports protéiques adéquats permettent de préserver une meilleure masse musculaire chez les personnes âgées, diminuant ainsi le risque de chute ^[25].

Les apports en protéines sont suffisants chez la presque totalité des Québécois et Québécoises ^[4]. Or, les personnes âgées peuvent avoir de la difficulté à combler leurs besoins accrus en protéines, car leurs apports alimentaires tendent à diminuer ^[26].

Chez les enfants, il n'existe qu'une preuve scientifique limitée quant aux bienfaits d'un apport élevé en protéines pour l'atteinte du pic de masse osseuse ^[10]. Les études prospectives montrent un effet bénéfique, mais les études d'intervention sont peu nombreuses et non concluantes ^[10]. Chez les adultes et les personnes âgées, des apports plus élevés en protéines sont associés à une diminution de la perte de masse osseuse et du risque de fracture de la hanche ^[23,27]. Ces effets ont été observés en présence d'apports calciques adéquats ^[27] et d'apports protéiques supérieurs aux recommandations (> 0,8 g/kg de poids corporel) ^[23]. Chez les adultes,

des apports élevés en protéines sont associés à une meilleure DMO, l'effet significatif étant démontré au rachis lombaire seulement ^[28]. Il n'y a pas de différence observée sur la santé osseuse selon le type de protéines (végétales contre animales) ^[23,27,29]. Enfin, aucun effet néfaste sur la santé osseuse n'a été associé à un apport élevé en protéines ^[23,27,28].

Recommandations

Le maintien d'apports suffisants en protéines exerce un effet positif sur la santé osseuse, particulièrement chez les personnes âgées. Un apport supérieur à 0,8 g/kg de poids devrait être visé. Parallèlement, il est important que les apports calciques soient suffisants.

Santé osseuse et activité physique : des enfants aux aînés

Chez les enfants prépubères, la pratique d'AP est primordiale pour améliorer la solidité osseuse. La solidité des os dépend de la qualité du tissu osseux, des propriétés du matériau osseux ainsi que de la microarchitecture de l'os ^[30]. Elle est modifiable principalement au cours de l'enfance et de l'adolescence ^[31,32]. Il est d'ailleurs reconnu que la pratique d'AP en jeune âge peut prévenir l'ostéoporose ^[33]. Toutefois, la masse osseuse peut augmenter jusqu'à l'âge de 30 ans ^[34], les jeunes adultes pouvant encore l'accroître. Dès l'âge de 40 ans, on observe une diminution de la masse osseuse de 0,5 % par année indépendamment du sexe et de l'origine ethnique ^[34]. Heureusement, la pratique d'AP peut ralentir ce déclin associé au vieillissement ^[35].

Activité physique aérobie et santé osseuse

L'AP aérobie est un effort physique, cyclique et rythmé, qui augmente significativement la fréquence cardiaque et sollicite généralement plusieurs groupes musculaires. Chez les

enfants et les adolescents, les sports en charge où il y a de la course (ex. : le soccer) ainsi que des sauts (ex. : gymnastique) sont plus susceptibles d'améliorer la DMO, comparativement aux activités avec peu ou sans impact, comme la natation^[34]. Ceci peut s'expliquer par la force qu'exerce le sol en réponse à l'impact qui peut aller jusqu'à 8 fois le poids corporel dans certains types de sauts (ex. : gymnastique) comparativement à 1 à 2 fois pour la marche^[34]. Une contrainte mécanique importante provoquera une déformation non permanente du tissu osseux et des changements physiologiques favorisant la formation, le remodelage et le maintien des propriétés osseuses^[34].

Chez les adultes et les personnes âgées, on constate que l'AP aérobie à plus haute intensité avec impacts (ex. : course) maintient et parfois augmente légèrement la DMO^[36]. Néanmoins, considérant le déclin de la capacité physique avec le vieillissement, il faut privilégier une progression lente et individualisée menant à des intensités plus élevées. D'autre part, il est difficile d'améliorer de façon significative la DMO chez les personnes âgées^[35]. Dans ce contexte, préserver celle-ci ou atténuer son déclin devient primordial pour minimiser le risque de fracture associé aux chutes^[37]. Bien que la marche soit souvent suggérée à cette population pour ses bienfaits cardiométaboliques, ce type d'activité n'a que peu d'effets sur la DMO^[38]. Ainsi, il est nécessaire de combiner la marche à d'autres types d'AP pour préserver la DMO ou ralentir son déclin.

Entraînement contre résistance (muscultation) et santé osseuse

L'exercice contre résistance (ex. : muscultation) est défini comme un effort exigeant de retenir ou contrôler une force ou une charge appliquée à un ou plusieurs groupes musculaires. Le choix des exercices est un facteur important à considérer pour optimiser les effets sur la DMO puisque les



bienfaits de l'entraînement contre résistance sont spécifiques à la région sollicitée. Pour réduire le risque de fracture des vertèbres lombaires et du col du fémur, deux sites particulièrement fragilisés par l'ostéoporose, il faut privilégier des exercices qui mobilisent ces parties du corps^[35] 2 à 3 fois par semaine^[34]. Le moyen le plus facile et sécuritaire d'y parvenir est d'inclure des exercices sollicitant ces régions, comme la flexion sur jambes ou squat, de façon progressive et selon la capacité individuelle et en répartissant les exercices visant le haut et le bas du corps. Atteindre une charge représentant 70 % à 90 % de la force maximale (charge maximale pouvant être soulevée une fois ou 1 répétition maximale; 1RM) et l'échec musculaire (c.-à-d. l'incapacité à réaliser une répétition supplémentaire) permettrait de maximiser l'effet sur la DMO^[35]. Chez les enfants et les adolescents, il est suggéré de viser une charge plus faible (< 60 % d'1RM) jusqu'à ce que le mouvement soit bien maîtrisé, puis d'augmenter

progressivement la charge^[34,39]. Toutefois, comme pour l'AP aérobie, les effets de l'entraînement contre résistance sur la DMO varient selon l'âge. Si ce type d'entraînement favorise une augmentation de la DMO de l'ordre de 1 à 3 %/année chez les femmes préménopausées, cette hausse serait de 2 à 5 %/année chez les filles prépubères^[40]. Certaines méta-analyses démontrent une augmentation de la DMO chez les femmes ménopausées pouvant contrecarrer l'effet du vieillissement lorsque l'entraînement est réalisé à haute charge (> 70 % 1RM)^[41]; d'autres études ne démontrent que peu d'effets^[42]. L'hétérogénéité des populations des études, notamment les différences dans la prise de thérapies hormonales de remplacement et d'agents anti-résorptifs favorisant le maintien d'une bonne santé osseuse, pourrait expliquer ces divergences^[41]. Enfin, chez les personnes ostéoporotiques, l'utilisation du poids corporel lors d'entraînement contre résistance, combiné à des exercices d'équilibre et de posture, fait partie du traitement

Tableau 6. Recommandations générales en matière d'activité physique pour la santé osseuse ^[34,35,43-45]

Enfants et adolescents		Adultes et personnes âgées
Activité physique aérobie avec impacts combinée à un entraînement contre résistance incluant des mouvements dynamiques.		
Modalité		Chez les personnes âgées, les activités visant l'amélioration de l'équilibre doivent être incluses dans la prescription.
Charge élevée appliquée sur le système musculo-squelettique.		
Intensité	Résistance : ≤ 60 % de 1 RM	Résistance : entre 70 et 90 % de 1 RM avec augmentation progressive et individualisée.
Fréquence	Au moins 3 fois par semaine.	Aérobie : 3-5 fois par semaine ; Résistance : 2-3 fois par semaine.
Durée	10 à 20 minutes (2 fois par jour)	30 à 60 minutes*

*La durée des exercices peut être intermittente à raison de trois fois 10 minutes sans perdre les bénéfices de l'exercice sur la DMO.

MISE EN GARDE : ces recommandations sont générales et non spécifiques. Elles sont tirées d'une analyse de la littérature actuelle. Il est donc suggéré d'obtenir l'avis d'un kinésiologue avant d'entreprendre la pratique d'AP.

de première ligne pour le maintien de la DMO et la prévention du risque de chute^[35]. Le tableau 6 résume les recommandations en matière d'AP et de santé osseuse.

Nutrition et activité physique : une association gagnante

Plusieurs études ont démontré qu'une supplémentation en calcium combinée à des exercices avec impact serait plus efficace que la supplémentation en calcium ou l'exercice seul chez les enfants et adolescents^[46,47]. Bien que la dose optimale de calcium lorsque combinée à l'AP reste à établir, l'effet synergique serait similaire selon les stades de développement^[48].

Chez des femmes âgées en moyenne de 54,3 ± 10,4 ans, une supplémentation en calcium (dépassant 1 000 mg/jour) combinée à la pratique régulière d'AP (aérobie et contre résistance) aurait un effet additif qui permettrait de maintenir, voire d'augmenter légèrement la DMO^[49]. Ce type d'effet est aussi observé lorsque l'AP aérobie est combinée à une supplémentation en oméga-3^[50]. Ces résultats doivent cependant être interprétés avec prudence, considérant le peu d'études sur ce type d'intervention. Quant à

la supplémentation en vitamine D et en isoflavones de soya, aucune preuve scientifique ne permet d'affirmer que leur combinaison avec l'AP exerce un effet sur la DMO.

Conclusion

La nutrition et l'AP sont des piliers fondamentaux de la santé osseuse, tant sur le plan de la prévention primaire que secondaire. Les diététistes/nutritionnistes et les kinésiologues sont donc les professionnels les mieux placés pour élaborer des stratégies nutritionnelles et prescrire des programmes d'exercices adaptés favorisant une santé osseuse optimale à tous les stades de la vie. ■

Références

1. Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Ross AC TC, Yaktine AL, et al., editor. Washington (DC): National Academies Press (US); 2011.
2. Santé Canada. La vitamine D et le calcium: Révision des Apports nutritionnels de référence. 2012.
3. Vatanparast H, Dolega-Cieszkowski JH, Whiting SJ. Many adult Canadians are not meeting current calcium recommendations from food and supplement intake. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme*. 2009;34(2):191-6.
4. Blanchet C, PC, Rochette L. La consommation alimentaire et les apports nutritionnels des adultes québécois. In: Institut National de Santé publique du Québec. Québec, 2009.
5. Weaver CM, Proulx WR, Heaney R. Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *The American journal of clinical nutrition*. 1999;70(3 Suppl):543s-8s.
6. Dietitians of Canada. Food Sources of Calcium. 2016. <https://www.dietitians.ca/getattachment/f739d485-d113-4a46-8122-eb2d33730c64/Factsheet-Food-Sources-of-Calcium.pdf.aspx>
7. Weaver CM, Plawecki KL. Dietary calcium: adequacy of a vegetarian diet. *The American journal of clinical nutrition*. 1994;59(5 Suppl):1238s-41s.
8. Malde MK, Bugel S, Kristensen M, Malde K, Graff IE, Pedersen JI. Calcium from salmon and cod bone is well absorbed in young healthy men: a double-blinded randomised crossover design. *Nutrition & metabolism*. 2010;7:61.
9. Huncharek M, Muscat J, Kupelnick B. Impact of dairy products and dietary calcium on bone-mineral content in children: results of a meta-analysis. *Bone*. 2008;43(2):312-21.
10. Weaver CM, Gordon CM, Janz KF, Kalkwarf HJ, Lappe JM, Lewis R, et al. The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2016;27(4):1281-386.
11. Wu J, Xu L, Lv Y, Dong L, Zheng Q, Li L. Quantitative analysis of efficacy and associated factors of calcium intake on bone mineral density in postmenopausal women. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2017;28(6):2003-10.

12. Bolland MJ, Leung W, Tai V, Bastin S, Gamble GD, Grey A, et al. Calcium intake and risk of fracture: systematic review. *BMJ (Clinical Research Ed.)*. 2015;351:h4580.
13. Kahwati LC, Weber RP, Pan H, Gourlay M, LeBlanc E, Coker-Schwimmer M, et al. Vitamin D, Calcium, or Combined Supplementation for the Primary Prevention of Fractures in Community-Dwelling Adults: Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *Jama*. 2018;319(15):1600-12.
14. Zhao JG, Zeng XT, Wang J, Liu L. Association Between Calcium or Vitamin D Supplementation and Fracture Incidence in Community-Dwelling Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Jama*. 2017;318(24):2466-82.
15. Cameron ID, Dyer SM, Panagoda CE, Murray GR, Hill KD, Cumming RG, et al. Interventions for preventing falls in older people in care facilities and hospitals. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;9:Cd005465.
16. Booth A, Camacho P. A Closer look at calcium absorption and the benefits and risks of dietary versus supplemental calcium. *Postgraduate medicine*. 2013;125(6):73-81.
17. De Spiegeleer A, Beckwee D, Bautmans I, Petrovic M. Pharmacological Interventions to Improve Muscle Mass, Muscle Strength and Physical Performance in Older People: An Umbrella Review of Systematic Reviews and Meta-analyses. *Drugs & aging*. 2018;35(8):719-34.
18. Statistics Canada. Vitamin D blood levels of Canadians. Janz T and Pearson C, In: Division HS, editor. 2015.
19. Langlois K, Greene-Finestone L, Little J, Hidiroglou N, Whiting S. Vitamin D status of Canadians as measured in the 2007 to 2009 Canadian Health Measures Survey. *Health reports*. 2010;21(1):47-55.
20. Santé Canada. Fichier canadien sur les éléments nutritifs (FCÉN) 2015 [cited 2018 10 décembre 2018]. Available from: <https://aliments-nutrition.canada.ca/cnf-fce/index-fra.jsp>.
21. Reid IR, Bolland MJ, Grey A. Effects of vitamin D supplements on bone mineral density: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2014;383(9912):146-55.
22. Force USPST. Interventions to prevent falls in community-dwelling older adults: Us preventive services task force recommendation statement. *Jama*. 2018;319(16):1696-704.
23. Wallace TC, Frankenfeld CL. Dietary Protein Intake above the Current RDA and Bone Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American College of Nutrition*. 2017;36(6):481-96.
24. Heaney RP. Effects of protein on the calcium economy. *International Congress Series*. 2007;1297:191-7.
25. Zoltick ES, Sahni S, McLean RR, Quach L, Casey VA, Hannan MT. Dietary protein intake and subsequent falls in older men and women: the Framingham Study. *The journal of nutrition, health & aging*. 2011;15(2):147-52.
26. Deutz NE, Bauer JM, Barazzoni R, Biolo G, Boirie Y, Bosy-Westphal A, et al. Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2014;33(6):929-36.
27. Rizzoli R, Biver E, Bonjour JP, Coxam V, Goltzman D, Kanis JA, et al. Benefits and safety of dietary protein for bone health-an expert consensus paper endorsed by the European Society for Clinical and Economical Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis, and Musculoskeletal Diseases and by the International Osteoporosis Foundation. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2018.
28. Shams-White MM, Chung M, Du M, Fu Z, Insogna KL, Karlsen MC, et al. Dietary protein and bone health: a systematic review and meta-analysis from the National Osteoporosis Foundation. *The American journal of clinical nutrition*. 2017;105(6):1528-43.
29. Shams-White MM, Chung M, Fu Z, Insogna KL, Karlsen MC, LeBoff MS, et al. Animal versus plant protein and adult bone health: A systematic review and meta-analysis from the National Osteoporosis Foundation. *PLoS one*. 2018;13(2):e0192459.
30. Griffith JF, Genant HK. Bone mass and architecture determination: state of the art. Best practice & research *Clinical endocrinology & metabolism*. 2008;22(5):737-64.
31. Modlesky CM, Lewis RD. Does exercise during growth have a long-term effect on bone health? *Exercise and sport sciences reviews*. 2002;30(4):171-6.
32. Nikander R, Sievanen H, Heinonen A, Daly RM, Uusi-Rasi K, Kannus P. Targeted exercise against osteoporosis: A systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BMC medicine*. 2010;8:47.
33. Gomez-Bruton A, Matute-Llorente A, Gonzalez-Aguero A, Casajus JA, Vicente-Rodriguez G. Plyometric exercise and bone health in children and adolescents: a systematic review. *World journal of pediatrics: WJP*. 2017;13(2):112-21.
34. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR. American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Medicine and science in sports and exercise*. 2004;36(11):1985-96.
35. Guadalupe-Grau A, Fuentes T, Guerra B, Calbet JA. Exercise and bone mass in adults. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2009;39(6):439-68.
36. Gomez-Cabello A, Ara I, Gonzalez-Aguero A, Casajus JA, Vicente-Rodriguez G. Effects of training on bone mass in older adults: a systematic review. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2012;42(4):301-25.
37. Kanis JA. Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk. *The Lancet*. 2002;359(9321):1929-36.
38. Martyn-St James M, Carroll S. Meta-analysis of walking for preservation of bone mineral density in postmenopausal women. *Bone*. 2008;43(3):521-31.
39. Behm DG, Faigenbaum AD, Falk B, Klentrou P. Canadian Society for Exercise Physiology position paper: resistance training in children and adolescents. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme*. 2008;33(3):547-61.
40. Suominen H. Muscle training for bone strength. *Aging clinical and experimental research*. 2006;18(2):85-93.
41. Martyn-St James M, Carroll S. High-intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta-analysis. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2006;17(8):1225-40.
42. Zhao R, Zhao M, Xu Z. The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2015;26(5):1605-18.
43. Ishikawa S, Kim Y, Kang M, Morgan DW. Effects of weight-bearing exercise on bone health in girls: a meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2013;43(9):875-92.
44. Xu J, Lombardi G, Jiao W, Banfi G. Effects of Exercise on Bone Status in Female Subjects, from Young Girls to Postmenopausal Women: An Overview of Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2016;46(8):1165-82.
45. Zehnacker CH, Bemis-Dougherty A. Effect of weighted exercises on bone mineral density in post menopausal women. A systematic review. *Journal of geriatric physical therapy (2001)*. 2007;30(2):79-88.
46. Iuliano-Burns S, Saxon L, Naughton G, Gibbons K, Bass SL. Regional specificity of exercise and calcium during skeletal growth in girls: a randomized controlled trial. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 2003;18(1):156-62.
47. Specker B, Binkley T. Randomized trial of physical activity and calcium supplementation on bone mineral content in 3- to 5-year-old children. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 2003;18(5):885-92.
48. Lappe JM, Watson P, Gilsanz V, Hangartner T, Kalkwarf HJ, Oberfield S, et al. The longitudinal effects of physical activity and dietary calcium on bone mass accrual across stages of pubertal development. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 2015;30(1):156-64.
49. Specker BL. Evidence for an interaction between calcium intake and physical activity on changes in bone mineral density. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 1996;11(10):1539-44.
50. Tartibian B, Hajizadeh Maleki B, Kanaley J, Sadeghi K. Long-term aerobic exercise and omega-3 supplementation modulate osteoporosis through inflammatory mechanisms in post-menopausal women: a randomized, repeated measures study. *Nutrition & metabolism*. 2011;8:71.