

Nährstoffe, Nahrungsmittel, Ernährungsmuster

Welche Ernährung für die Knochengesundheit?

René Rizzoli

Eiweiss, Kalzium, Vitamin D und weitere Spurenelemente, aber auch Nahrungsfasern spielen eine wichtige Rolle für den Knochenstoffwechsel. Wie sich die Zufuhr von Milchprodukten, Früchten und Gemüse im Einzelnen und welche Ernährungsmuster sich positiv auf die Knochengesundheit auswirken, wurde schon in vielen Studien untersucht. Einerseits interessiert, wie durch eine adäquate Ernährung in der Jugend eine möglichst hohe Knochendichte aufgebaut werden kann. Andererseits will man im späteren Leben durch eine geeignete Ernährung das Auftreten der Osteoporose vermindern und deren Komplikationen vermeiden.

Nährstoffe

Kalzium

Bei Kindern und Jugendlichen konnte man feststellen, dass eine Supplementation mit Kalzium, sei es als Supplement oder in Form von Milch, einen positiven Effekt auf den Knochenaufbau hat und so die Knochenmasse erhöht werden kann (1, 2). Allerdings kann man daraus eine Frakturverminderung im höheren Alter nicht extrapolieren.

Bei älteren Menschen über 75 Jahren kann die Kalziumaufnahme im Darm erniedrigt sein, dies akzentuiert sich durch einen Vitamin-D-Mangel. Allerdings ist der Zusammenhang zwischen Kalzium und Knochendichte nicht eindeutig, eine Kalziumsupplementation allein kann das Risiko von Frakturen nicht senken (3), jedoch die Kombination mit Vitamin D, besonders bei Patientinnen in Pflegeheimen (4). Ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko konnte bei einer Kalziumsupplementation nicht schlüssig beobachtet werden, wenn das Kalzium Bestandteil der Ernährung war (4–6). Gute Quellen für das Kalzium sind kalziumreiches Wasser und Milchprodukte. Empfohlen wird eine Aufnahme mit der Ernährung von 800–1200 mg pro Tag (7).

Eiweiss

Die Knochendichte und die Knochenstärke aufgrund der Mikroarchitektur korrelieren positiv mit der Eiweisszufuhr. Viele Studie geben Hinweise, dass das Frakturrisiko bei einer höheren Eiweissaufnahme geringer ist, vorausgesetzt, die Kalziumzufuhr ist ebenfalls ausreichend. Milchprodukte sind eine gute Quelle für diese beiden Nährstoffe.

Die Eiweisszufuhr beeinflusst auch den Wachstumsfaktor IGF-1; dieser stimuliert die Kalziumaufnahme im Darm über die Stimulierung der Vitamin-D₃-Bildung (Calcitriol). Eine zu tiefe Proteinzufuhr kann

über den Mechanismus der zu geringen Kalziumresorption bei jungen Frauen die Parathormonwerte im Blut erhöhen (8). Wird bei älteren Menschen die ungenügende Eiweissaufnahme korrigiert, normalisiert sich die IGF-1-Konzentration rasch (9).

Die Assoziation zwischen der Knochendichte und der Eiweissaufnahme mit der Nahrung wurde in mehreren Studien untersucht, wobei jeweils die Eiweisszufuhr zwischen 0,8 und 1,2 g/kg KG variierte, was über der empfohlenen täglichen Zufuhr (Recommended Daily Allowance RDA) von 0,8 g/kg lag (10). In einer Metaanalyse konnte gezeigt werden, dass eine höhere Eiweisszufuhr eine 0,5% höhere Knochendichte zur Folge hatte (10, 11). Eine weitere Studie zeigte 2% Unterschied, wenn die Eiweisszufuhr über 163% der RDA lag. Schliesslich konnte mit 20 g Eiweiss supplement ergänzt durch Vitamin D und Kalzium die Reduktion der Knochendichte im Femur um 50% vermindert werden (12). Der Effekt der Proteinzufuhr auf die Knochendichte ist ausgeprägter, wenn auch Kalzium und Vitamin D supplementiert wird (13).

Der Einfluss der Eiweisszufuhr auf das Frakturrisiko wurde bisher nicht in einer randomisierten Studie geprüft. Die Frage konnte auch mit verschiedenen Metaanalysen nicht schlüssig geklärt werden. Eine zu tiefe Eiweisszufuhr sollte aber mindestens auf die RDA oder auch etwas höher korrigiert werden. Auch wenn bisher nicht gezeigt werden konnte, dass eine noch höhere Zufuhr von Eiweiss das Frakturrisiko weiter senkt, scheint diese aber auch keine ungünstigen Effekte zu haben (14). Die Tabelle zeigt den Gehalt an Eiweiss und Kalzium, sowie die Kalziumabsorption verschiedener Nahrungsmittel.

Vitamin D

Vitamin D spielt eine wichtige Rolle bei der Aufnahme des Kalziums aus dem Darm. Vitamin D findet sich vor allem in Fisch und in kleineren Mengen in Eiern



René Rizzoli

Tabelle:

Eiweissgehalt, Kalziumgehalt und -absorption verschiedener Lebensmittel

	Portionen- grösse	Kalzium (mg pro Portion)	Kalzium- absorption*	Protein (g pro Portion)	Andere Nährstoffe
Milch	200 ml	240	+++	6,5	Laktose, Kalium, Magnesium, Phosphor, Probiotika
Joghurt	180 g	150–291	+++	8,0	Probiotika
Hartkäse	30 g	250	+++	7,0	Phosphor
Weichkäse	60 g	40–252	+++	7,0	Phosphor
Kalziumangereicherte Milchprodukte	200 ml	150	+++	6,5	Präbiotika
Früchte und grünes Gemüse	1 Portion	16–104	+	0,3–3,0	Nahrungsfasern, Antioxidanzien, Vitamin K, Oxalat, Phytat
Fleisch und Fisch	100 g	20–183	++	20,0	Phosphor, Vitamin D
Eier	2 Eier	45	+++	20,0	Vitamin D, Cholin
Nüsse und Samen	100 g	40–88	+	20,0	Präbiotika, Vitamine E und B ₆ , Magnesium, Selen, Kupfer, Zink, Phosphor, Potassium
Bohnen und getrocknete Bohnen	40 g Bohnen 80 g getrocknete Bohnen	8	+	20,0	lösliche Nahrungsfasern, Eisen, Magnesium, Zink, Kalium, B-Vitamine
Tofu oder Quorn®	200 g	300	+	20,0	Eisen, Mangan, Magnesium, Phosphor, Kupfer, Vitamin B ₁
Kalziumreiches Mineralwasser	250 ml	100	+++	–	Bikarbonate

Kalziumabsorption *≤5%, ** ca. 10%, *** 20–25%

Quelle: Rizzoli R et al. Nutritional intake and bone health (14)

und Fleisch. Einige Nahrungsmittel sind mit Vitamin D angereichert. Vitamin D entsteht auch durch Sonneneinstrahlung der Haut. Dies findet aber gerade bei älteren Menschen ungenügend statt, sodass diese auf die Aufnahme von Vitamin D in der Ernährung angewiesen sind. Vitamin-D-Supplementation kann, wenn sie zusammen mit Kalzium gegeben wird, den sekundären Hyperparathyroidismus reduzieren. In einer Studie konnte das Risiko einer Schenkelhalsfraktur bei älteren Bewohnern im Pflegeheim reduziert werden (15). Vitamin D hat weitere positive Effekte: Es kann das Auftreten von Stürzen bei älteren Menschen reduzieren, besonders wenn sie vorher einen Vitamin-D-Mangel aufwiesen, wobei sich zu hohe Dosen als schädlich erwiesen (16). Eine Supplementation mit Vitamin D wird empfohlen für Personen mit einem Vitamin-D-Mangel und Patienten unter einer Osteoporosemedikation. Empfohlen werden 800–1000 IU/Tag (17). Eine Vitamin-D-Wirkung auf Frakturen oder Stürze kann nur bei Patienten mit etwas Vitamin-D-Mangel beobachtet werden. Bei Menschen mit normalem Vitamin-D-Status ist eine Wirkung sehr unwahrscheinlich.

Weiteres Spurenelement: Magnesium

Magnesium ist bei einer Reihe von Stoffwechselprozessen ein wichtiger Faktor. Empfohlen wird eine tägliche Zufuhr von 420 mg für Männer und 320 mg für Frauen. Magnesium ist v.a. in grünem Gemüse und Milchprodukten zu finden. Es gibt Hinweise, dass zu wenig Magnesium mit einer geringeren Knochendichte in der Hüfte einhergeht (18), zu hohe Magnesiumzufuhr hingegen zu einer erhöhten Frakturrate führt (19).

Studien haben gezeigt, dass das Risiko für Hüftfrakturen durch die Ernährung gesenkt werden kann:

- Milchprodukte, speziell fermentierte Milchprodukte
- Mehr als 5 Portionen von Früchten und Gemüse
- Mediterrane Diät oder «prudent diet» sind günstig
- Ausgewogene Ernährung enthält: Mineralien, Eiweiss, Früchte und Gemüse.

Nahrungsmittelgruppen**Milchprodukte**

Milchprodukte liefern Eiweiss und Kalzium. Ein Liter Milch enthält 32–35 g Eiweiss als hochwertiges Casein oder Molkenweiweiss und 1200 mg Kalzium, dazu weiteren Spurenelemente. Schweizer Käse enthält 26 g Eiweiss und 89 mg Kalzium pro 100 g Käse. In vielen Ländern sind Joghurts zusätzlich mit Milchpulver angereichert, was den Eiweiss- und Kalziumgehalt weiter erhöht (20).

In vielen Studien konnte nachgewiesen werden, dass Milch und Milchprodukte einen guten Effekt auf verschiedene Messgrössen der Knochengesundheit haben (21). Das Fehlen von Milch oder Milchprodukten in der Ernährung von Kindern und Jugendlichen ist assoziiert mit einer geringeren Körpergrösse und einer geringeren Knochendichte (22).

Viele randomisierte, kontrollierte Studien haben den Einfluss von Milchprodukten auf die Knochengesundheit im höheren Alter untersucht. Alle diese Studien waren relativ klein und betrafen unterschiedliche Populationen. Eine Metaanalyse konnte zeigen, dass Milchprodukte die Knochendichte in gesunden post-

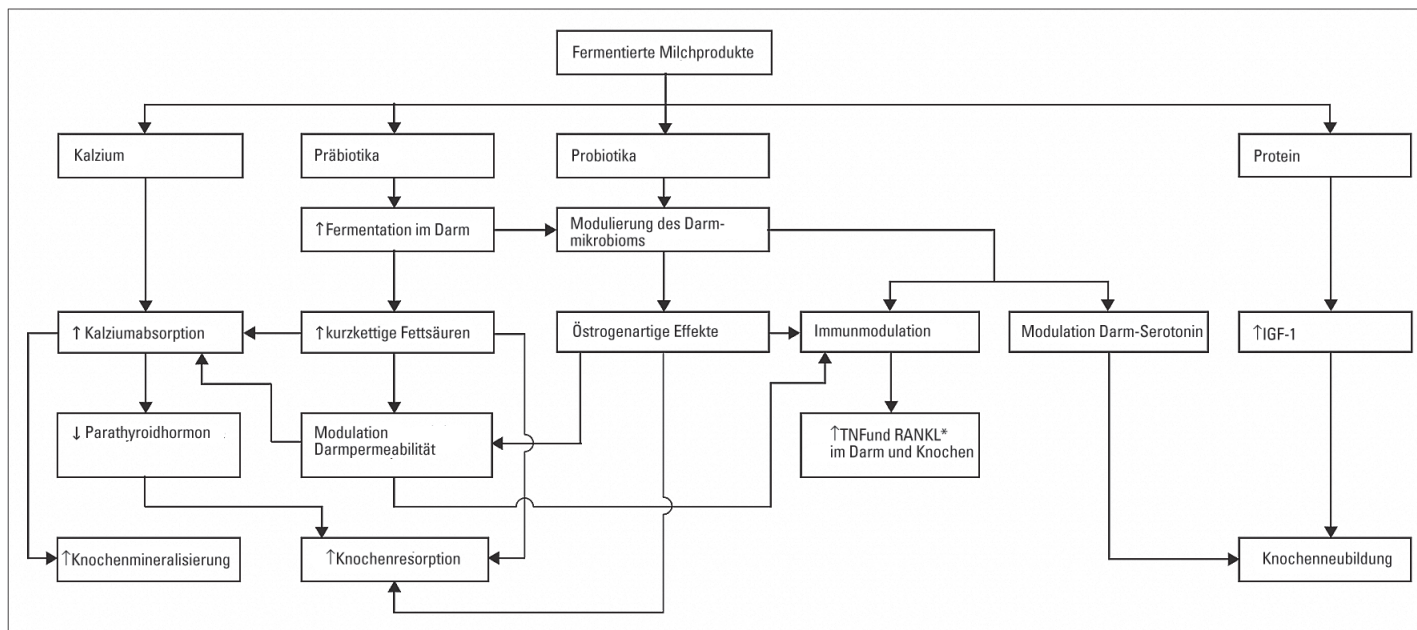


Abbildung: Vorgeschlagene Wirkmechanismen fermentierter Milchprodukte auf die Knochengesundheit

Neben Kalzium und Protein liefern fermentierte Milchprodukte auch verschiedene Mineralien sowie einige Präbiotika und Probiotika, die die Zusammensetzung und Funktion der Darmmikrobiota verändern und dadurch den Knochenstoffwechsel beeinflussen können.

IGF-1=insulinähnlicher Wachstumsfaktor-1; RANKL = Rezeptoraktivator des Kernfaktor- κ - β -Liganden.

TNF- α = Tumornekrosefaktor α . Adaptiert von Rizzoli R, Biver: E. «Effects of fermented milk products on bone» (137)

menopausalen Frauen in den Wirbelkörpern und Schenkelhals (23) günstig beeinflussen. Der positive Effekt ist besonders bei fermentierten Milchprodukten, also bei Joghurt und Käse zu beobachten (24). Die *Abbildung* zeigt, wie die verschiedenen Bestandteile fermentierter Milchprodukte auf den Knochenstoffwechsel wirken. Andererseits gibt es auch Studien, die nur einen mässigen Effekt auf die Knochendichte und das Frakturrisiko gefunden haben. Ob der Konsum von Milchprodukten einen Einfluss auf die kardiovaskulären Erkrankungen hat, wurde in vielen prospektiven Studien untersucht. In einer Studie konnte mit einer erhöhten Einnahme von Käse das kardiovaskuläre Risiko gar gesenkt werden. Alles in allem sind Milch und Milchprodukte gute Eiweiss- und Kalziumquellen, die ein positives Nutzen-Risiko für die Gesundheit besitzen. Milch und Milchprodukte stellen somit eine kosteneffiziente Massnahme zur Prävention der Osteoporose und der allgemeinen Gesundheit dar (25, 26).

Sojamilch ist eines der am häufigsten verwendeten Milchersatzprodukte. Die Zusammensetzung der verschiedenen Produkte ist sehr unterschiedlich; viele sind mit Vitaminen und Spurenelementen angereichert, aber nur ein Drittel enthält gleich viel Kalzium wie die Milch. Zudem ist der Eiweissgehalt geringer und viele Vitamine und Spurenelemente nur in niedrigeren Konzentrationen enthalten. Es gibt keine Daten, die zeigen, dass Sojamilch der Milch überlegen wäre (27).

Früchte, Gemüse und Faserstoffe

Früchte und Gemüse liefern viele Vitamine, sekundäre Pflanzenstoffe und Spurenelemente. Auch die enthaltenen Faserstoffe sind als Präbiotika wichtig als Substrat für das Mikrobiom, welches daraus die wich-

tigen kurzkettigen Fettsäuren bildet (28–30). Bei älteren Männern und Frauen fand sich eine Korrelation zwischen der Zufuhr von Gemüse und Früchten und der Knochendichte (31). In der Framingham Offspring Study zeigte sich, dass in der Kohorte das Viertel mit dem geringsten Konsum von Gemüse und Früchten den stärksten Knochenverlust (32) aufwies und ein erhöhtes Risiko für eine Schenkelhalsfraktur zeigte (33).

Auswirkung auf das Mikrobiom

Einerseits sind die Faserstoffe Präbiotika und sind als Substrat für ein vielfältiges Mikrobiom wichtig. Aber auch Probiotika, d.h. Mikroorganismen aus fermentierten Produkten wie Joghurt, Sauerkraut und Kimchi, können eine zusätzliche positive Wirkung auf die Mineral- und Eiweissaufnahme spielen (34). In einer prospektiven Studie konnte bei gesunden postmenopausalen Frauen der Knochendichteverlust durch Joghurt, nicht aber durch Milch oder reifen Käse verringert werden (35). Auch wenn in Interventionsstudien mit Probiotika der Knochenverlust verringert werden konnte (36, 37), fehlen noch Daten, ob auch die Frakturrate beeinflusst werden kann.

Ernährungsmuster

Vegetarische und vegane Ernährung

Vegetarische Ernährung, vor allem aber vegane Ernährung führt zu einer tieferen Knochendichte (38). In der Oxford-Kohortenstudie zeigten nur Veganer eine höhere allgemeine Frakturrate, verglichen mit Fleisch-, Fischessern und Vegetariern (39). Bezogen auf die Schenkelhalsfrakturen hatten Fleischesser das geringste Frakturrisiko; dies trotz der Tatsache, dass

Vegetarier eine höhere Menge an potenziell knochenschützenden Spurenelementen und anti-inflammatorischen sekundären Pflanzenstoffen einnehmen (40). In einer randomisierten Studie wurden für 12 Wochen tierische Proteine durch pflanzliche ersetzt. In der Folge konnte man eine Erhöhung der Marker für den Knochenabbau und des Parathormon-Spiegels messen (41).

Westliche Ernährung

Westliche Ernährung zeichnet sich durch eine hohe Zufuhr von roten und verarbeitetem Fleisch, frittierten Speisen, raffinierten Kohlenhydraten, Zucker und viel Fett auf und gilt als ungesund. Es wurde aber auch eine gesündere «prudent western diet» definiert (42), die mehr Gemüse und Früchte enthält sowie Vollkornprodukte, Fisch und Geflügel. Die erstere Gruppe weist ein höheres Frakturrisiko auf als die zweite (43). Die Zufuhr von energiedichter Nahrung mit hohem Zucker- und Fettgehalt fördert metabolische Krankheiten. Erstaunlicherweise haben Typ-2-Diabetiker zwar eine normale bis hohe Knochendichte, aber trotzdem ein erhöhtes Frakturrisiko (44–46).

Reduktionsdiäten und intermittierendes Fasten

Reduktionsdiäten wirken sich positiv auf die kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität aus, können aber einen schädlichen Effekt auf die Knochengesundheit haben. Eine Metaanalyse zeigte, dass ein Gewichtsverlust durch Kalorienrestriktion die Knochendichte verringert (47). Auch die bariatrische Chirurgie führt in der Regel zu einer Verringerung der Knochendichte und einer Erhöhung der Knochenabbaumarker (48). Bei einer Reduktionsdiät wird deshalb empfohlen, ein Krafttraining durchzuführen und auf eine Ernährung mit genügend Eiweiss, Kalzium und Vitamin D zu achten.

Mediterrane Ernährung

Die mediterrane Ernährung ist charakterisiert durch einen hohen Gehalt an Früchten und Gemüsen, Legu-

Allgemeine Ernährungsempfehlungen:

- Ausgewogene Ernährung
- Eiweiss mindestens 0,8g/kg KG bis 1,3g/kg KG bei älteren Personen
- Kalzium 800–1000 mg
- Ein Teil des Eiweiss- und Kalziumbedarfs kann mit 2–3 Portionen Milchprodukten gedeckt werden
- Einschränkung Salzkonsum $\leq 2,5$ g NaCl/Tag
- Vitamin D, 800–1000 IU oder 20–25 μ g/Tag
- Die mediterrane Ernährung erfüllt die Kriterien für die Knochengesundheit am besten und ist mit einem tieferen Frakturrisiko verknüpft.

minososen, Vollkornprodukten, Fisch, Olivenöl und fermentierten Milchprodukten. Dieses Ernährungsmuster scheint den besten Effekt auf die Knochengesundheit zu haben. Es kombiniert eine ausreichende Zufuhr von Faserstoffen, Eiweiss und Antioxidanzien und den Verzicht auf hochprozessierte Nahrungsmittel, die reich an Zucker und gesättigten Fettsäuren sind. In verschiedenen Kohortenstudien zeigte sich ein geringeres Risiko für Schenkelhalsfrakturen (49–52).

Körperliche Aktivität

Während des Wachstums ist für den Aufbau einer optimalen Knochendichte nicht nur die Ernährung, sondern auch die körperliche Aktivität wichtig. Aber auch im höheren Alter spielt diese eine wichtige Rolle. Postmenopausale Frauen zeigten bei erhöhter körperlicher Aktivität und hoher Kalziumzufuhr eine bessere Knochenstruktur als inaktive Frauen mit einer geringen Kalziumaufnahme (53).

Korrespondenzadresse:

Centre collaborateur de l'OMS pour Prof. René Rizzoli
Service des maladies osseuses
HUG, 1211 Genève 14
E-Mail: rene.rizzoli@unige.ch; rene.rizzoli@medecine.unige.ch

Referenzen in der Online-Version des Beitrags unter www.sze.ch

Referenzen:

- Winzenberg T et al.: Effects of calcium supplementation on bone density in healthy children: meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ* 2006; 333: 775–78.
- Lloyd T et al.: Calcium supplementation and bone mineral density in adolescent girls. *JAMA* 1993; 270: 841–44.
- Bolland MJ et al.: Calcium intake and risk of fracture: systematic review. *BMJ* 2015; 351: h4580.
- Harvey NC et al.: The role of calcium supplementation in healthy musculoskeletal ageing: an expert consensus meeting of the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO) and the International Foundation for Osteoporosis (IOF). *Osteoporosis Int* 2017; 28: 447–62.
- Chung M et al.: Calcium intake and cardiovascular disease risk: an updated systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2016; 165: 856–66.
- Curtis EM et al.: Cardiovascular safety of calcium, magnesium and strontium: what does the evidence say? *Aging Clin Exp Res* 2021; 33: 479–94.
- Kanis JA et al.: European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis Int* 2019; 30: 3–44.
- Weaver CM et al.: Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr* 1999; 70 (suppl): 543S–48S.
- Rizzoli R et al.: The role of dietary protein and vitamin D in maintaining musculoskeletal health in postmenopausal women: a consensus statement from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO). *Maturitas* 2014; 79: 122–32.
- Darling AL et al.: Dietary protein and bone health: a systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 2009; 90: 1674–92.
- Shams-White MM et al.: Dietary protein and bone health: a systematic review and meta-analysis from the National Osteoporosis Foundation. *Am J Clin Nutr* 2017; 105: 1528–43.
- Schürch MA et al.: Protein supplements increase serum insulin-like growth factor-1 levels and attenuate proximal femur bone loss in patients with recent hip fracture. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Ann Intern Med* 1998; 128: 801–09.
- Dawson-Hughes B et al.: Calcium intake influences the association of protein intake with rates of bone loss in elderly men and women. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 773–79.
- Rizzoli R et al.: Nutritional intake and bone health. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2021 Sep;9(9):606-621.
- Yao P et al.: Vitamin D and calcium for the prevention of fracture: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open* 2019; 2: e1917789.
- Sanders KM et al.: Annual high-dose oral vitamin D and falls and fractures in older women: a randomized controlled trial. *JAMA* 2010; 303: 1815–22.
- Rizzoli R: Vitamin D supplementation: upper limit for safety revisited? *Aging Clin Exp Res* 2020.
- Orchard TS et al.: Magnesium intake, bone mineral density, and fractures: results from the Women's Health Initiative Observational Study. *Am J Clin Nutr* 2014; 99: 926–33.
- Farsinejad-Marj M et al.: Dietary magnesium intake, bone mineral density and risk of fracture: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis Int* 2016; 27: 1389–99.
- Rizzoli R: Dairy products, yogurts, and bone health. *Am J Clin Nutr* 2014; 99 (suppl): 1256S–62S.
- Rizzoli R: Vitamin D supplementation: upper limit for safety revisited?. *Aging Clin Exp Res* 2021;33:19–24.
- Opatowsky AR et al.: Racial differences in the effect of early milk consumption on peak and postmenopausal bone mineral density. *J Bone Miner Res* 2003; 18: 1978–88.
- Durosier-Izart C et al.: Peripheral skeleton bone strength is positively correlated with total and dairy protein intakes in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 2017; 105: 513–25.
- Rizzoli R: Osteoporosis in the oldest old: epidemiology, assessment, and management, in Jean-Pierre Michel and others (eds), *Oxford Textbook of Geriatric Medicine*, 3 edn, Oxford Textbook (Oxford, 2017; online edn, Oxford Academic, 27 Aug. 2020).
- Lotter FJ et al.: Dairy foods and osteoporosis: an example of assessing the health-economic impact of food products. *Osteoporosis Int USA* 2013; 24: 139–50.
- Hilgsmann M et al.: Public health impact and economic evaluation of vitamin D-fortified dairy products for fracture prevention in France. *Osteoporosis Int.* 2017; 28: 833–40.
- Opatowsky AR et al.: Racial differences in the effect of early milk consumption on peak and postmenopausal bone mineral density. *J Bone Miner Res* 2003; 18: 1978–88.
- Weaver CM et al.: Galactooligosaccharides improve mineral absorption and bone properties in growing rats through gut fermentation. *J Agric Food Chem* 2011; 59: 6501–10.
- Whisner CM et al.: Prebiotics, bone and mineral metabolism. *Calcif Tissue Int* 2018; 102: 443–79.
- Ammann P et al.: Influence of the disaccharide lactitol on intestinal absorption and body retention of calcium in rats. *J Nutr* 1988; 118: 793–95.
- Tucker KL et al.: Potassium, magnesium, and fruit and vegetable intakes are associated with greater bone mineral density in elderly men and women. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 727–36.
- Dai Z et al.: Association between dietary fiber intake and bone loss in the Framingham Offspring Study. *J Bone Miner Res* 2018; 33: 241–49.
- Byberg L et al.: Fruit and vegetable intake and risk of hip fracture: a cohort study of Swedish men and women. *J Bone Miner Res* 2015; 30: 976–84.
- Rizzoli R: Nutritional influence on bone: role of gut microbiota. *Aging Clin Exp Res* 2019; 31: 743–51.
- Biver E et al.: Fermented dairy products consumption is associated with attenuated cortical bone loss independently of total calcium, protein, and energy intakes in healthy postmenopausal women. *Osteoporosis Int* 2018; 29: 1771–82.
- Nilsson AG et al.: Lactobacillus reuteri reduces bone loss in older women with low bone mineral density: a randomized, placebo-controlled, double-blind, clinical trial. *J Intern Med* 2018; 284: 307–17.
- Jansson P-A et al.: Probiotic treatment using a mix of three Lactobacillus strains for lumbar spine bone loss in postmenopausal women: a randomised, double-blind, placebo-controlled, multicentre trial. *Lancet Rheumatol* 2019;1: e154–62.
- Iguacel I et al.: Veganism, vegetarianism, bone mineral density, and fracture risk: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev* 2019; 77: 1–18.
- Tong TYN et al.: Vegetarian and vegan diets and risks of total and site-specific fractures: results from the prospective EPIC-Oxford study. *BMC Med* 2020; 18: 353.
- Slavin JL et al.: Health benefits of fruits and vegetables. *Adv Nutr* 2012; 3: 506–16.
- Itkonen ST et al.: Partial replacement of animal proteins with plant proteins for 12 weeks accelerates bone turnover among healthy adults: a randomized clinical trial. *J Nutr* 2021; 151: 11–19.
- Itkonen ST et al.: Partial replacement of animal proteins with plant proteins for 12 weeks accelerates bone turnover among healthy adults: a randomized clinical trial. *J Nutr* 2021; 151: 11–19.
- Denova-Gutiérrez E et al.: Dietary patterns, bone mineral density, and risk of fractures: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients* 2018;10: e1922.
- de L H et al.: Bone mineral density and fracture risk in type-2 diabetes mellitus: the Rotterdam Study. *Osteoporosis Int* 2005; 16: 1713–20.
- Ma L et al.: Association between bone mineral density and type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of observational studies. *Eur J Epidemiol* 2012; 27: 319–32.
- Moayeri A et al.: Fracture risk in patients with type 2 diabetes mellitus and possible risk factors: a systematic review and meta-analysis. *Ther Clin Risk Manag* 2017; 13: 455–68.
- Zibellini J et al.: Does diet-induced weight loss lead to bone loss in overweight or obese adults? a systematic review and meta-analysis of clinical trials. *J Bone Miner Res* 2015; 30: 2168–78.
- Veronese N et al.: The effects of calorie restriction, intermittent fasting and vegetarian diets on bone health. *Aging Clin Exp Res* 2019; 31: 753–58.
- Byberg L et al.: Mediterranean diet and hip fracture in Swedish men and women. *J Bone Miner Res* 2016; 31: 2098–105.
- Haring B et al.: Dietary patterns and fractures in postmenopausal women: results from the Women's Health initiative. *JAMA Intern Med* 2016; 176: 645–52.
- Benetou V et al.: Mediterranean diet and hip fracture incidence among older adults: the CHANCES project. *Osteoporosis Int* 2018; 29: 1591–9.
- Malmir H et al.: Adherence to Mediterranean diet in relation to bone mineral density and risk of fracture: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Eur J Nutr* 2018; 57: 2147–60.
- Nurzanski MK et al.: Geometric indices of bone strength are associated with physical activity and dietary calcium intake in healthy older women. *J Bone Miner Res* 2007; 22: 416–24.