

营养延缓骨衰老的专家共识

中国营养学会骨营养与健康分会

骨衰老也被称为骨老化,是指骨骼随着年龄增长而逐渐发生骨结构和细胞的老化,包括老年性骨质疏松、骨关节炎等老年骨退行性病变,是衰老的自然过程,可能受遗传、激素变化(如绝经、男性更年期)、生活方式因素(如缺乏体育锻炼、营养不良)、慢性疾病和某些药物等因素影响^[1-2]。

随着年龄增长,骨衰老表现为成骨细胞的功能和数量下降,增殖能力减弱,而破骨细胞的骨吸收能力相对增强,骨转化失衡,骨细胞对免疫应答的反应性及抗氧化能力的降低等,从而导致骨量丢失^[3-4]。骨衰老及其带来的次生性损伤是重大的健康问题,影响了数百万人,尤其是骨衰老严重影响老年人的生活质量。为了更好地指导临床实践和公众健康管理,中国营养学会骨营养与健康分会邀请各方面专家,基于循证医学证据,形成营养延缓骨衰老的专家共识。

1 科学证据

检索 2004 年 1 月 1 日至 2024 年 3 月发表于外文数据库(PubMed、Web of science、Embase、Medline、Cochrane)、中文数据库(中国知网、万方数据、中国医学文献数据库)中的相关文献。纳入标准:骨衰老相关的全生命周期的原始研究、循证报告、指南、综述、系统综述等;排除标准:细胞与动物研究文献、特殊疾病合并骨衰老的人群的研究文献。最终共纳入 44 篇文献。

本共识按证据级别将推荐意见分为:(1)基于多项随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)或荟萃分析的强推荐;(2)基于至少 1 项 RCT 或多项随机对照研究的中等推荐。

1.1 定期骨体检有助于早期发现骨骼问题

骨衰老的过程为骨结构、细胞及分子水平的变化。其中,骨结构的变化主要表现为随着年龄的增加,骨密度逐渐降低,骨量减少,骨微结构破坏,小梁骨丢失,骨强度下降,骨折风险显著上升,且与激素水平变化、营养摄入不足、缺乏运动等因素有关^[5-7]。骨密度检查有利于发现骨密度下降等骨骼问题,双能 X 线吸收法(DXA)是目前诊断骨质疏松和评估骨量的常用方法,其测量部位主要包括腰椎、髌部等,对于骨密度 T 值低于-2.5 的个体,提示存在有骨质疏松。对骨质疏松高风险人群早期进行 DXA 筛查可以帮助及早发现骨骼问题,并采取相应的预防措施。除了 DXA,高分辨率外周定量 CT 可对骨微结构进行更详细的评估;定量超声技术(QUS)也可用于评估跟骨等部位的骨质量。

随着年龄增加,骨细胞的变化主要表现为成骨细胞功能减退、破骨细胞活性相对增强,从而导致骨形成减少而骨吸收增加,进而引起骨量逐渐减少,影响骨修复和旧骨组织的更换能力^[8-10]。通过检测血清或尿液中的骨形成标志物(如骨特异性碱性磷酸酶、I 型前胶原 N-端前肽等)和骨吸收标志物(如 I 型胶原交联 C-末端肽、抗酒石酸酸性磷酸酶 5b 等),可以了解骨代谢的动态变化,辅助评估骨衰老进程^[11-12]。

1.2 增加骨量储备有助于推迟骨衰老

多项研究证实,增加儿童期的骨量积累和峰值骨量有助于推迟骨衰老。延缓骨衰老应该从儿童期和青少年时期开始,这个阶段是骨发育、骨量积累的关键时期,儿童期的骨量获得和婴幼儿时期的膳食营养密切相关,应该摄入足够的钙、磷、镁等矿物质,支持骨骼的生长、发育;儿童期的骨量积累与峰值骨量有呈现正相关^[13-15]。此外,多项临床研究及中国儿童维生素 A、维生素 D 临床应用专家共识指出,补充维生素 D 有益于儿童生成发育;早期重视儿童期骨量积累,利于成年后保持高质量的骨量^[16]。

1.3 纠正不良生活与饮食习惯有助于延缓骨衰老

多项研究报道,高盐饮食增加尿钙排泄,导致骨骼钙流失;高盐饮食还可能刺激破骨细胞活性,加速骨吸收^[17-19]。吸烟、过量饮酒对骨骼产生负面影响,长期吸烟可导致骨密度的下降,显著增加骨质疏松和骨折风险^[20-21];LeBoff 等^[22]和 Schneider 等^[23]的研究显示,不吸烟、少喝酒的人群骨折风险较低;过量饮用咖啡、浓茶及碳酸饮料,也可能是加快骨衰老的风险因素^[24-26]。

皮肤在紫外线[主要是紫外线 B 段 (ultraviolet B, UVB)]照射下,可将体内的 7-脱氢胆固醇转化为维生素 D₃前体,经肝肾活化后形成活性维生素 D。活性维生素 D 是调节钙磷代谢的关键物质,增加钙的吸收,减少破骨细胞活性,避免骨量过度流失^[27-31]。此外,户外活动或抗阻运动,可以激活成骨细胞,改善骨微结构^[27, 32]。

1.4 维持健康体重、加强优质蛋白补充有助于维持老年人骨骼健康

体重过轻或过重、营养缺乏(如蛋白质、钙、维生素 D、维生素 K),均是加速骨衰老的风险因素。适当摄入富含优质蛋白质食物,如瘦肉、鱼类、禽类、蛋类、豆类等,有助于维持肌肉量和骨骼的健康^[33-44]。研究表明,每日摄入 1.2~1.5 g/kg 蛋白,减少肌少症发病风险,从而降低骨质疏松性骨折发生率^[35-36]。有营养不良风险的老年人较营养正常的老年人发生骨折风险的机率更高,给予口服营养补充、肠内或肠外营养治疗后,可以明显改善其营养状态,从而减少骨折后并发症的发生^[37-40]。

1.5 加强钙和维生素 D 等微量营养素的补充有助于预防骨质疏松,延缓骨衰老

维生素 D 是一种脂溶性维生素,促进钙的吸收和利用,对调节钙磷代谢、维持骨骼健康有重要作用。存在维生素 D 缺乏危险因素人群发生骨质疏松风险高于维生素 D 正常人群;补充维生素 D 及钙,明显延缓骨骼衰老,改善骨质疏松。血清 25(OH)D₃水平可以反映体内维生素 D 营养状况,血清 25(OH)D₃水平保持在 50 ng/ml (125 nmol/L) 以上较为理想;血清 25(OH)D₃水平超过 150 ng/ml (375 nmol/L) 时,有发生高钙血症的风险^[27]。多项 RCT 研究表明,补充维生素 D 有利于降低骨质疏松性骨折发生的风险^[31-34]。根据 2022 年原发性骨质疏松症诊疗指南及中国居民膳食营养素参考摄入量(2023 版),我国老年居民维生素 D 推荐量为 600~800 IU^[41-43]。

维生素 D₂是植物来源的维生素 D,提高血清 25(OH)D₃的效果明显不如维生素 D₃。从每天补充 100 IU 维生素 D 提升血清 25(OH)D₃水平的效果比较,维生素 D₂与维生素 D₃相差 16.4 nmol/L。另外,维生素 D₂的半衰期比维生素 D₃短,与维生素 D 结合蛋白的结合力弱。因此,推荐优选维生素 D₃^[31-32]。

维生素 K 俗称“钙爪”,观察性和随机对照试验研究显示:维生素 K 作为辅酶参与骨钙素中特定谷氨酸残基的羧化反应,从而促进钙盐在骨基质中的沉积,增强骨的矿化程度;还可以通过激活成骨细胞内的信号通路(如 PI3K/Akt 和 Wnt/ β -catenin 信号通路),促进成骨细胞的增殖、分化和功能活性,同时抑制破骨细胞的形成和活性,从而维持骨代谢的平衡。然而,有临床试验结果并不确定补充维生素 K₁或维生素 K₂(或两者兼有)是否能降低椎体或非椎体骨折的风险^[44]。

保证合适的钙摄入和钙磷比例与骨骼健康密切相关。中国居民膳食营养素参考摄入量(2023 版)建议成年人与老年人每日钙摄入量为 800 mg^[42]。饮食中钙的良好来源包括牛奶以及酸奶、奶酪、豆制品(如豆腐、豆浆等)、深绿色蔬菜(如西兰花、菠菜)等;杏仁、巴旦木、腰果等坚果含有丰富的矿物质,包括钙和磷,每 100 g 杏仁中约含有 264 mg 钙和 385 mg 磷,不过坚果的能量密度较高,食用时需控制量;虾、蟹、贝类等富含钙和磷,例如 100 g 虾皮中钙含量高达 991 mg,磷含量约为 582 mg,虽然磷含量也较高,但适量食用对维持钙磷比例有帮助;对于无法从饮食中获得足够钙的人群,可以适当补充钙剂^[36]。

2 推荐意见

2.1 定期进行骨相关体检,并根据情况采取相应的干预措施(强推荐)。

2.2 纠正不良生活与饮食习惯,减少高盐、高糖、高脂肪食物摄入。增加户外活动和日晒对延缓骨衰

老存在显著益处（强推荐）。

2.3 合理营养干预,增加富含蛋白质、钙、维生素 D 和维生素 K 食物摄入。每日蛋白摄入 1.2~1.5 g/kg,其中 50%为优质蛋白;成年人及 65 岁以上老年人每日钙摄入量不低于 800 mg;加强维生素 D 的补充,每日补充量不低于 400 IU,65 岁及以上老年人补充量不低于 600 IU;治疗性维生素 D 补充应通过检测血清 25(OH)D₃ 水平,个体化精准维生素 D 的补充剂量,避免过量补充（强推荐）。

2.4 避免吸烟和过量饮酒（中等推荐）。

2.5 重视儿童期骨量积累,成年后注意骨量的综合管理（中等推荐）。

3 结语

骨衰老是一个自然过程,了解骨衰老的机制,采取必要的干预手段,包括定期体检、改变不健康的生活与饮食习惯、增加户外活动及日晒、坚持科学营养补充等措施,可以明显延缓骨衰老的发生时间,显著降低骨质疏松和骨折的风险,从而为骨健康打下坚实的基础,享受更健康、更长寿的生活。

专家组名单

顾 问

杨月欣 中国营养学会,中国疾病预防控制中心营养与健康所

组 长

孔 娟 中国医科大学附属盛京医院

成 员（作者排名不分先后,按姓氏笔画排序）

马文君 广东省人民医院（广东省医学科学院）

付 瑜 常州市第一人民医院

刘 敏 中南大学湘雅三医院

刘会梅 哈尔滨医科大学附属第一医院

孙桂丽 南宁市第二人民医院（广西医科大学第三附属医院）

孙 新 吉林省人民医院

张鲁宁 沈阳医学院附属中心医院

陈 宇 辽宁中医药大学附属第二医院

苗登顺 南京医科大学

杨勤兵 清华大学北京清华长庚医院

杨榕桂 南宁市第二人民医院（广西医科大学第三附属医院）

郭风劲 重庆医科大学

【参 考 文 献】

- [1] Cheng CH, Chen LR, Chen KH. Osteoporosis due to hormone imbalance: an overview of the effects of estrogen deficiency and glucocorticoid overuse on bone turnover[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23:1376.
- [2] Gao H, Zhao Y, Zhao L, *et al*. The role of oxidative stress in multiple exercise-regulated bone homeostasis[J]. *Aging Dis*, 2023, 14:1555-1582.
- [3] Farr JN, Khosla S. Cellular senescence in bone[J]. *Bone*, 2019, 121:121-133.
- [4] Kumar N, Saraber P, Ding Z, *et al*. Diversity of vascular niches in bones and joints during homeostasis, ageing, and diseases[J]. *Front Immunol*, 2021, 12:798211.
- [5] Casuccio C. An introduction to the study of osteoporosis (biochemical and biophysical research in bone ageing) [J]. *Proc*

R Soc Med, 1962, 55:663—668.

- [6] Smit AE, Meijer OC, Winter EM. The multi-faceted nature of age-associated osteoporosis[J]. *Bone Rep*, 2024, 20:101750.
- [7] Armamento-Villareal R, Aguirre L, Waters DL, *et al*. Effect of aerobic or resistance exercise, or both, on bone mineral density and bone metabolism in obese older adults while dieting: a randomized controlled trial[J]. *J Bone Miner Res*, 2020, 35:430—439.
- [8] Daponte V, Henke K, Drissi H. Current perspectives on the multiple roles of osteoclasts: mechanisms of osteoclast-osteoblast communication and potential clinical implications[J]. *Elife*, 2024, 13:e95083.
- [9] Hou J, Su H, Kuang X, *et al*. Knowledge domains and emerging trends of osteoblasts-osteoclasts in bone disease from 2002 to 2021: a bibliometrics analysis and visualization study [J]. *Front Endocrinol*, 2022, 13:922070.
- [10] Wu Z, Li W, Jiang K, *et al*. Regulation of bone homeostasis: signaling pathways and therapeutic targets[J]. *Med Comm*, 2024, 5:e657.
- [11] Schurman CA, Kaya S, Dole N, *et al*. Aging impairs the osteocytic regulation of collagen integrity and bone quality[J]. *Bone Res*, 2024, 12:13.
- [12] Kang MJ, Hong HS, Chung SJ, *et al*. Body composition and bone density reference data for Korean children, adolescents, and young adults according to age and sex: results of the 2009–2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) [J]. *J Bone Miner Metab*, 2016, 34:429—439.
- [13] Chevalley T, Rizzoli R. Acquisition of peak bone mass[J]. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, 2022, 36: 101616.
- [14] Tobias JH, Steer C, Emmett PM, *et al*. Bone mass acquisition during childhood is related to total energy intake in infancy[J]. *Osteoporos Int*, 2005, 16:1731—1741.
- [15] Acine HL, Serrat MA. The actions of IGF-1 in the growth plate and its role in postnatal bone elongation[J]. *Curr Osteoporos Rep*, 2020, 18:210—227.
- [16] 中华预防医学学会. 中国儿童维生素 A、维生素 D 临床应用专家共识 (2024) [J]. 中国儿童保健杂志, 2024, 32: 349—358, 361.
- [17] Harrington M, Bennett T, Jakobsen J, *et al*. Effect of a high-protein, high-salt diet on calcium and bone metabolism in postmenopausal women stratified by hormone replacement therapy use[J]. *Eur J Clin Nutr*, 2004, 58:1436—1439.
- [18] Karcher JR, Greene AS. Stem cell physiology and pathophysiology: bone marrow mononuclear cell angiogenic competency is suppressed by a high-salt diet[J]. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2014, 306:C123.
- [19] Ding C, Yimeti D, Sanada Y, *et al*. High-fat diet-induced obesity accelerates the progression of spontaneous osteoarthritis in senescence-accelerated mouse prone 8 [J]. *Mod Rheumatol*, 2024, 34: 831—840.
- [20] Tamaki J, Iki M, Fujita Y, *et al*. Impact of smoking on bone mineral density and bone metabolism in elderly men: the Fujiwara-kyo osteoporosis risk in men (FORMEN) study[J]. *Osteoporos Int*, 2011, 22:133—141.
- [21] Khiyali Z, Rashedi V, Tavacol Z, *et al*. Smoking, alcohol consumption, drug abuse, and osteoporosis among older adults: a cross-sectional study on PERSIAN cohort study in Fasa[J]. *BMC Geriatr*, 2024, 24:80.
- [22] LeBoff MS, Greenspan SL, Insogna KL, *et al*. The clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis[J]. *Osteoporos Int*, 2022, 33:2049—2102.
- [23] Schneider DL, Worley K, Beard MK, *et al*. The primary care osteoporosis risk of fracture screening (POROS) study: design and baseline characteristics[J]. *Contemp Clin Trials*, 2010, 31:336—344.
- [24] Navied U, Daud S, Talib A, *et al*. Knowledge and practices of fourth-year medical students regarding caffeinated drink consumption: a cross-sectional study[J]. *PAK J Public Health*, 2024, 14: 190—197.
- [25] Narita Z, Hidese S, Kanehara R, *et al*. Association of sugary drinks, carbonated beverages, vegetable and fruit juices, sweetened and black coffee, and green tea with subsequent depression: a five-year cohort study[J]. *Clin Nutr*, 2024:43.
- [26] Chen Z, Yu D, Feng Z. Aging Resistance and microcharacteristics of asphalt modified by biochar from spent coffee grounds[J]. *J Mater Civil Eng*, 2024, 36:13.
- [27] LeBoff MS, Chou SH, Ratliff KA, *et al*. Supplemental vitamin D and incident fractures in midlife and older adults[J]. *N Engl J Med*, 2022, 387: 299—309.
- [28] Larsen ER, Mosekilde L, Foldspang A. Vitamin D and calcium supplementation prevents osteoporotic fractures in elderly community dwelling residents: a pragmatic population - based 3 - year intervention study[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2005, 17:125—132.

- [29] Meyer HE, Smedshaug GB, Kvaavik E, *et al.* Can vitamin D supplementation reduce the risk of fracture in the elderly? A randomized controlled trial[J]. *J Bone Miner Res*, 2010, 17: 709—715
- [30] Doetsch AM, Faber J, Lynnerup N, *et al.* The effect of calcium and vitamin D3 supplementation on the healing of the proximal humerus fracture: a randomized placebo-controlled study[J]. *Calcified Tissue Int*, 2004, 75:183—188.
- [31] Plum LA, DeLuca HF. Vitamin D, disease and therapeutic opportunities[J]. *Nat Rev Drug Discov*, 2010, 9:941—955.
- [32] Tang G, Feng L, Pei Y, *et al.* Low BMI, blood calcium and vitamin D, kyphosis time, and outdoor activity time are independent risk factors for osteoporosis in postmenopausal women[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1154927.
- [33] Deutz NE, Bauer JM, Barazzoni R, *et al.* Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: recommendations from the ESPEN Expert Group[J]. *Clin Nutr*, 2014, 33: 929—936.
- [34] Rizzoli R, Biver E, Brennan-Speranza TC. Nutritional intake and bone health[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2021, 9: 606—621.
- [35] Bonjour JP. Protein intake and bone health[J]. *Int J Vitam Nutr Res*, 2011, 81:134—142.
- [36] Tieland M, Dirks ML, van der Zwaluw N, *et al.* Protein supplementation increases muscle mass gain during prolonged resistance-type exercise training in frail elderly people: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2005, 3:713—719
- [37] 金占萍, 王杨, 蒋朱明, 等. 全部无肠外肠内营养干预的老年髋部骨折手术患者营养风险评分与结局关系的前瞻性队列研究[J]. 中华临床营养杂志, 2017, 25:6.
- [38] 叶会跃, 黄旻, 柳岩, 等. 早期肠内营养对老年髋部骨折术后恢复的影响[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2017, 25:4.
- [39] Gregson CL, Armstrong DJ, Bowden J, *et al.* UK clinical guideline for the prevention and treatment of osteoporosis[J]. *Arch Osteoporos*, 2022, 17:58.
- [40] Tarantino U, Iolascon G, Cianferotti L, *et al.* Clinical guidelines for the prevention and treatment of osteoporosis: summary statements and recommendations from the Italian society for orthopaedics and traumatology[J]. *J Orthop Traumatol*, 2017, 18(Suppl 1):3—36.
- [41] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊疗指南(2022)[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2022, 15: 573—611.
- [42] 中国营养学会, 中国居民膳食营养素参考摄入量(2023 版)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2023:334—343
- [43] 章振林, 岳华, 李梅, 等. 中国《原发性骨质疏松症诊疗指南(2022 版)》要点解读[J]. 诊断学理论与实践, 2023, 22: 230—233.
- [44] Fusaro M, Cianciolo G, Brandi ML, *et al.* Vitamin K and osteoporosis[J]. *Nutrients*, 2020, 12:3625

《营养学报》入选《世界期刊影响力指数(WJCI)报告》

《世界期刊影响力指数(WJCI)报告》(2020 科技版)(简称:WJCI 报告)是由中国科学技术信息研究所、《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司、清华大学图书馆、万方数据有限公司、中国高校科技期刊研究会联合研制的期刊评价报告。经严格评议,WJCI 报告只收录了全球 6 万种科技期刊中的 14 287 种,其中包括《营养学报》在内的 1 426 种中国科技期刊因达到了国际优秀期刊水平而入选。WJCI 报告更加全面、客观、综合地评价科技期刊在当今社会对全球科技创新活动提供的出版传播服务及其学术影响力,客观反映了以中国为代表的新兴科技大国的真实贡献,为世界学术期刊的学术影响力提供更为客观的统计方法和综合排序,推动世界科技期刊公平评价、同质等效使用。