·综 述·

儿童青少年骨健康的评估及其影响因素

王爱[1]，周冰倩[1]，于健[1]，曹虹[2]

1. 天津中医药大学研究生院，天津 301617；2. 天津市天津医院创伤骨科

摘 要： 骨质疏松症起病于儿童时期，生长发育期间的骨强度和骨量积累对于预防骨质疏松症以及脆性骨折至关重要。双能 X 线吸收测定法作为儿童及青少年骨质疏松首选的骨量评估技术，可结合临床有意义的骨折对骨质疏松症做出诊断。通过对体力活动、营养摄入、药物治疗和生活方式等因素进行干预可以增加峰值骨量和骨密度（BMD）。医院、家庭、学校、互联网等多方应合力加强骨质疏松知识普及，促进儿童及青少年疾病认知和骨保护行为养成。本文就儿童及青少年骨质疏松的定义、评估工具以及影响因素进行了综述，为促进儿童及青少年骨质疏松症的预防和干预提供借鉴。

关键词： 儿童；青少年；骨质疏松症；骨密度

中图分类号：R179 **文献标识码：**A **文章编号：**1008-6579(2024)09-0980-04 doi:10.11852/zgetbjzz2023-0932

Assessment and influencing factors of bone health in children and adolescents

WANG Ai[1], ZHOU Bingqian[1], YU Jian[1], CAO Hong[2]

1. Graduate School of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China;

2. Department of Orthopedic Trauma, Tianjin Hospital

Corresponding author: CAO Hong, E-mail: Caohong1968@yeah.net

Abstract: Osteoporosis begins in childhood, and the accumulation of bone strength and bone mass during growth and development is essential for the prevention of osteoporosis and fragility fractures. Dual energy X-ray absorptiometry, as the preferred bone mass assessment technique for children and adolescents with osteoporosis, can be combined with clinically significant fractures to make a diagnosis of osteoporosis. Peak bone mass and bone mineral density(BMD) can be increased through intervention of factors such as physical activity, nutritional intake, medication, and lifestyle. Hospitals, families, schools, the internet and other parties should join forces to strengthen the popularization of osteoporosis knowledge and promote the disease cognition and bone protection behavior of children and adolescents. This article reviews the definition, assessment tools and influencing factors of osteoporosis in children and adolescents, so as to provide reference for promoting the prevention and intervention of osteoporosis in children and adolescents.

Keywords: children; adolescents; osteoporosis; bone mineral density

骨质疏松症（osteoporosis，OP）是一种全身性骨病，以骨量低下、骨组织微结构损坏导致骨脆性增加为特征，从而增加骨折的易感性。根据流行病学资料估算，目前我国 OP 患病人数超过 9 000 万[1-2]。有学者提出，OP 起病于儿童时期[3]。儿童期和青春期是骨量获得的关键时期，至少 90％的峰值骨量是在 20 岁以内获得的，并在青少年晚期达到峰值骨量。优化骨骼生长期的峰值骨量可预防 OP，峰值骨量每增加 10％，骨质疏松性骨折的风险降低 50％，骨质疏松症的发生推迟 13 年[2]。儿童和青少年对骨质疏松知识的缺乏导致了对骨质疏松易感性和严重性的低感知，阻碍了骨保护行为的养成和有效防治。因此，提高儿童及青少年对 OP 的认识，明确在骨骼生长期和巩固期影响骨量获得的因素，并进行及时干预，对于降低日后 OP 发生的风险至关重要[2-3]。本文对儿童及青少年 OP 的定义、评估工具与影响因素进行综述，旨在为 OP 的早期识别与预防提供借鉴。

1 儿童及青少年骨质疏松症的定义

随着现有诊疗技术的发展，需要对儿童及青少年 OP 做出更准确的定义，以便识别出潜在的骨脆性[4]。2007 年国际临床骨测量学会（International Society for Clinical Densitometry，ISCD）发展共识会议表明，儿童和青少年骨质疏松的诊断不应仅基于低骨矿物质含量（bone mineral content，BMC）或骨密度（bone mineral density，BMD），还需要有临床意义的骨折史[5]。2013 年 ISCD 对儿童及青少年骨

作者简介：王爱（1999-），女，硕士研究生在读，主要研究方向为骨质疏松症。

通信作者：曹虹，E-mail：Caohong1968@yeah.net

质疏松的定义进行了进一步修订，在没有局部疾病或高能量创伤的情况下，发现一个或多个椎体压缩骨折则提示为骨质疏松。如果在没有椎体压缩骨折的情况下，骨质疏松的诊断是通过存在临床意义的骨折史和 BMD Z 值≤－2.0。有临床意义的骨折史包括 10 岁前发生 2 次或以上长骨骨折或 19 岁以内的任何年龄发生 3 处或更多的长骨骨折，且 BMC/BMD Z 值＞－2.0 并不能排除骨骼脆性和增加骨折风险的可能性[6]。

2　儿童及青少年骨质疏松症的评估工具

目前，儿童及青少年的骨密度可以通过多种技术进行评估。双能 X 线吸收测定法（dual energy X-ray absorptiometry，DXA）采用低剂量的 X 射线通过不同骨骼或软组织后的能量差异来区别不同结构的密度，是 BMD 检测的金标准。DXA 可以用于测量儿童和青少年全身各个骨骼区域的 BMD。DXA 无创、辐射剂量低、扫描范围广、精密度和准确度高、具有可重复性；同时，与其他方法相比较，DXA 具有最全面的儿科规范数据库，已成为测量骨量的首选技术。对于身材矮小、青春期发育迟缓或患有慢性疾病的儿童及青少年需要计算体积骨密度（volumetric bone mineral density，vBMD）或根据身高对 BMD Z 评分进行校正，并结合有临床意义的骨折史进行诊断[7]。定量计算机断层扫描提供了三维图像，可以分别评估皮质骨和骨小梁，能够测量 DXA 无法获得的 vBMD 和骨几何信息，并且结果不受骨骼大小的影响。但其测量过程涉及高水平的辐射暴露，因此未广泛应用[3]。

3　儿童及青少年骨质疏松症的影响因素

3.1　*遗传*　遗传是决定骨量的主要因素，一个人高达 80％的峰值骨量是由不可改变的因素决定的，包括基因、种族、性别、家族史和青春期进展等。OP 家族史与后代 BMD 降低和 OP 风险增加密切相关，遗传度高达 50％～85％。健康的青少年中，青春期开始年龄较早的女生和男生具有较高的 BMD 和 BMC。一项对不同种族背景的青春期前儿童的研究表明，在调整了身高、体重、年龄和全身骨骼面积后，男童的全身 BMC 显著高于女童，非洲裔美国儿童的 BMD 高于其他种族的儿童[2,8]。

3.2　*内分泌疾病*　性腺功能低下的儿童及青少年性激素的骨保护作用减弱，骨吸收增加，合成代谢以及骨化三醇生成减少，进而减少肠钙吸收导致 BMD 降低[3]。生长激素缺乏患儿骨转换下降，骨建模和重塑以及骨活动量减少，骨折概率大约是健康个体的 4 倍[3]。接受抗甲状腺治疗的儿童及青少年骨吸收显著减少，与甲状腺激素水平从未升高的患者相比，有甲状腺毒症病史的患者更易发生骨折，且发病年龄更早[3]。

3.3　*糖皮质激素*　糖皮质激素（glucocorticoids，GC）具有骨毒性，长期大量使用是患有严重疾病儿童骨脆性增加的重要危险因素[9]。GC 的使用会抑制成骨细胞分化，减少成骨细胞胶原合成，促进成骨细胞凋亡，并增强破骨细胞的活性，引起过度的骨吸收，抑制骨形成。同时，GC 通过抑制维生素 D 的作用，减少肠道对钙的吸收，并通过抑制肾小管对钙的重吸收来增强骨吸收[2,7]。儿童及青少年骨量减少和脆性骨折的风险随着治疗剂量和时间的增加而增加。接受高累积剂量和反复冲击 GC 治疗的儿童和青少年可能会出现骨质疏松以及致残性并发症，包括疼痛、视野缺损、永久性椎体畸形、长骨骨折后过早失去活动能力等[10]。

3.4　*营养性疾病*

3.4.1　*营养不良*　宏量以及部分微量营养素是促进骨骼健康和防止骨质流失的必要因素[11]。营养缺乏会影响骨形成，导致儿童和青少年时期骨量获得减少。蛋白质是维持骨骼结构功能和骨代谢的必需营养元素之一，在摄入的碳水化合物和脂肪满足能量需求时，儿童及青少年蛋白质摄入量与骨量增加呈正相关，否则，蛋白质会被分解以维持能量需求。但碳水化合物和脂肪摄入过量所引起的钙吸收减少会影响儿童骨骼健康、抑制骨骼生长[12]。同时，富含钾（K）、镁（Mg）、维生素 C、纤维和锌（Zn）等营养物质的饮食可以增加髋部和腰椎的 BMD 以及减少股骨颈的骨质丢失[8]。

3.4.2　*钙缺乏*　充足的钙摄入是获得理想峰值骨量和改善骨健康的必要条件。Pan 等[13]研究表明，在 8～19 岁儿童和青少年中，增加膳食钙摄入量将获得更高的总骨密度。钙摄入量不足可能会减少骨形成和骨量的积累，提高青春期前骨折概率[5]。因此，儿童及青少年可以通过充足的膳食钙摄入以优化骨骼健康。

3.4.3　*维生素 D 缺乏*　维生素 D 可以调节钙磷稳态，增强骨骼肌的结构和功能，对骨骼的发育、生长和维持至关重要[14]。维生素 D 缺乏已成为全球性的健康问题，在老年人、儿童和成年人中普遍存在[15]。维生素 D 水平低可能导致骨骼肌纤维萎缩、肌肉疼痛、肌少症以及跌倒风险增加。Stounbjerg 等[16]研究表明，维生素 D 的摄入有效增加了 6～8

岁儿童的骨量和脊柱骨密度。此外，维生素 D 的主要来源是通过阳光对皮肤的照射，儿童和青少年缺乏户外活动以及防晒霜的使用增加会引起不同程度的维生素 D 缺乏[8]。

3.4.4 神经性厌食症 神经性厌食症（anorexia nervosa，AN）是一种以对体重增加的严重恐惧、食物限制和病理性低体重为特征的疾病，常与 BMD 降低和骨折风险增加相关，多达 50％的活动期 AN 患者 Z 值＜－2.0，终身骨折风险增加 3 倍。AN 患者体重降低和性腺功能下降是骨矿物质缺乏和骨折风险增加的主要因素。当 AN 患者的体重低于最低阈值，其 BMD 与低 BMI 的持续时间呈负相关。70％的患者因下丘脑性闭经所致雌激素水平降低，缺乏雌激素对破骨细胞的抑制作用和对成骨细胞的刺激作用，从而增加骨质疏松性骨折的风险[17]。此外，青少年患者的 BMD 可随神经性厌食症的恢复而有所改善，但疾病的持续时间越长，成年早期骨质减少和骨折率增加可能性越大[3]。

3.5 慢性疾病 儿童和青少年风湿性疾病、炎症性肠病、肝胆、肾脏疾病等慢性炎症性疾病导致低 BMD 和脆性骨折可能与疾病本身有关，也可能受疾病治疗应用糖皮质激素、全身性炎症、钙和维生素 D 代谢受损、性腺功能减退、营养不良、体力活动少、日光照射减少等促成因素影响[7,10,18]。

3.6 生活方式

3.6.1 体力活动 生长期间的锻炼和体育活动是增加峰值骨量的有效手段，可提供终身骨折保护[12]。骨强度受肌肉力量调节，体力活动直接刺激股骨和肌肉收缩所产生的机械负荷是优化儿童期和青春期骨量和骨强度的关键因素[2]，其中高强度运动和抗阻训练对骨骼的生长发育最为有效。在 8～17 岁的儿童和青少年中，持续进行负重活动后骨骼负荷部位的骨强度可提高 1％～8％；并且运动的青春期前儿童股骨颈和脊柱的 BMC 和面积骨密度（area bone mineral density，aBMD）与不运动的儿童相比发生了更为有利的变化[12]。

3.6.2 烟草和酒精的摄入 烟草含有多种对人体有害的化合物，其中尼古丁含量最高，毒性最大。尼古丁可以改变血管壁的通透性，阻碍血管内外物质的交换，导致蛋白质、钙等营养物质的无效吸收和利用。烟草中的其他有毒物质也会增加血液酸度，促进骨骼溶解[19]。多项研究表明，与不吸烟的个体相比，从基线时间开始吸烟的个体总体 aBMD、腰椎、全髋和股骨颈 BMD 增加幅度均较小[20-21]。

目前，酒精是否会导致骨质疏松尚存争议。Seabra 等[22]的研究表明，酒精摄入认为是影响骨骼健康的危险因素之一。酒精消耗会导致骨质减少，增加脆性骨折的风险。Turner 等[23]则认为适度饮酒有助于全髋和股骨颈的 aBMD 升高。酒精可以抑制骨髓间充质干细胞的生长及其向成骨细胞的转化，但酒精对骨代谢的影响取决于酒精暴露的时间和程度，青少年相对较短的暴露期和较少的累积剂量或许可以解释研究结果间的差异性[2,24]。因此，未来研究需对更多变量以及中介因素进行控制，深入探讨酒精对 BMD 的影响。

3.7 超重和肥胖 儿童和青少年肥胖带来的公共卫生负担在全球范围内不断增加。根据全球卫生观察站的数据，2016 年全球 5～19 岁青少年中有 18％超重或肥胖。迄今为止，超重和肥胖对骨骼发育的影响尚未达成一致。肥胖以牺牲成骨细胞分化为代价，促使多能间充质干细胞向脂肪细胞分化。同时骨髓微环境中的脂肪细胞释放大量促炎和免疫调节分子，增强破骨细胞的形成和活化，从而导致骨脆性增加[25]。Deng 等[26]的研究指出，儿童和青少年的瘦质量（LM）和 BMD 之间存在正相关关系，而体脂百分比（BF％）对骨骼获得存在危害，证实了肥胖人群骨量减少的观点。Wang 等[27]的横断面研究则持相反观点。该研究选取 4 056 名 12～19 岁的青少年，在按照年龄、性别、站立高度和种族分层后发现，青少年的 BMI 和腰围与总骨密度呈正相关。对于超重和肥胖儿童及青少年的骨结构是否更脆弱，不仅要考虑参与者的肥胖情况，还要考虑其脂肪量、炎症状态、膳食营养素摄入、是否进行负重活动等，今后需要更大规模的研究来证实。

4 展 望

4.1 加强对儿童及青少年骨质疏松症相关知识教育 目前，儿童和青少年对骨质疏松易感性和严重性的感知较低，导致骨保护行为的实践较差。提高对骨质疏松的认识水平，可以增加早期发现骨质疏松的可能性，促进有效防治[28]。因此，迫切需要提高儿童和青少年对骨质疏松的认识。骨质疏松疾病知识需要医院、学校的正规教育与家庭和互联网的非正规教育之间的合作。学校应充分了解儿童及青少年所需求的知识，进行骨保护教育，可以采用幻灯片和视频演示、小组互动讨论或结合传统讲座的方式等，以确保知识容易被理解与接受。家长监督其骨保护习惯的养成，并在日常生活中对其进行补充教育，尤其是父母患有 OP 的家庭。医院和媒体可以制定教育计划对骨质疏松相关知识进行宣传，潜

移默化地影响儿童及青少年的认知与行为[29]。

4.2　儿童及青少年应建立有利于骨骼健康的生活方式　骨量和骨结构在儿童期和青春期不断积累，与成年期的骨骼健康和骨质疏松的风险显著相关[30]。可以通过对生长过程中的生活方式、营养和体力活动等可控变量进行优化，对骨骼的生长发育产生积极影响。因此，有必要培养儿童和青少年建立有利于骨骼健康的生活方式，从儿童期开始预防 OP。建议儿童及青少年对维生素 D 和钙进行补充，在合理膳食的基础上通过服用补剂或乳制品等方式保持足够的摄入量。保持良好的生活习惯，避免摄入烟草和酒精等影响骨代谢的物质，不鼓励久坐等不健康的生活方式。建议有规律地进行体育活动，尤其是负重运动以及高冲击运动，并且最好选择户外运动以保持足够的日照时长，达到对骨骼益处最大化[3]。对于患有慢性疾病或需要长期进行药物治疗的儿童及青少年，骨健康监测应成为标准化随访的一部分，定时检查骨量，对 OP 进行早期识别与预防。

综上所述，本文对儿童及青少年 OP 的定义、评估工具以及影响因素进行了综述。双能 X 线吸收测定法作为儿童及青少年骨质疏松首选的骨量评估技术，可结合临床有意义的骨折对 OP 做出诊断。遗传、体力活动、钙和维生素 D 摄入量、激素水平、药物和吸烟等因素已被确定为峰值骨量和 BMD 的决定因素，在儿童期和青少年期可通过健康行为的养成对 OP 进行预防；但肥胖、饮酒等因素对 BPD 的影响尚存争议，有待进行深入探讨。儿童及青少年对预防 OP 的意识淡薄，需要医院、家庭、学校、互联网等多方合力加强知识普及。目前我国对于儿童及青少年 OP 的研究存在空缺，针对我国儿童及青少年骨量的动态变化及影响因素还需要结合我国实际情况进行多中心、大样本的纵向研究来探索，为儿童及青少年 OP 的预防和干预提供坚实的理论依据。

参考文献

[1] 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(6)：573-611.
Chinese Society of Osteoporosis and Bone Mineral Diseases. Guideline for diagnosis and treatment of primary osteoporosis (2022)[J]. Chin J Osteoporosis and Bone Miner Res, 2022, 15(6): 573-611. (in Chinese)

[2] Zhu X, Zheng H. Factors influencing peak bone mass gain [J]. Front Med, 2021, 15(1): 53-69.

[3] Baroncelli GI, Bertelloni S, Sodini F, et al. Osteoporosis in children and adolescents[J]. Pediatric Drugs, 2005, 7(5): 295-323.

[4] Ward LM, Weber DR, Munns CF, et al. A contemporary view of the definition and diagnosis of osteoporosis in children and adolescents[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2020, 105(5): e2088-e2097.

[5] Rauch F, Plotkin H, Dimeglio L, et al. Fracture prediction and the definition of osteoporosis in children and adolescents: The ISCD 2007 pediatric official positions[J]. J Clin Densitom, 2008, 11(1): 22-28.

[6] Bishop N, Arundel P, Clark E, et al. Fracture prediction and the definition of osteoporosis in children and adolescents: The ISCD 2013 pediatric official positions[J]. J Clin Densitom, 2014, 17(2): 275-280.

[7] Ciancia S, van Rijn RR, Hogler W, et al. Osteoporosis in children and adolescents: When to suspect and how to diagnose it[J]. Eur J Pediatr, 2022, 181(7): 2549-2561.

[8] Rubio-Gutierrez JC, Mendez-Hernandez P, Gueguen Y, et al. Overview of traditional and environmental factors related to bone health[J]. Environ Sci Pollut Res Int, 2022, 29(21): 31042-31058.

[9] Ward LM. Glucocorticoid-induced osteoporosis: Why kids are different[J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2020, 11: 576.

[10] Costantini A, Makitie RE, Hartmann MA, et al. Early-onset osteoporosis: Rare monogenic forms elucidate the complexity of disease pathogenesis beyond type I collagen [J]. J Bone Miner Res, 2022, 37(9): 1623-1641.

[11] Proia P, Amato A, Drid P, et al. The impact of diet and physical activity on bone health in children and adolescents [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2021, 12: 704647.

[12] Troy KL, Mancuso ME, Butler TA, et al. Exercise early and often: Effects of physical activity and exercise on women's bone health[J]. Int J Environ Res Public Health, 2018, 15(5): 878.

[13] Pan K, Zhang C, Yao X, et al. Association between dietary calcium intake and BMD in children and adolescents[J]. Endocr Connect, 2020, 9(3): 194-200.

[14] Makris K, Bhattoa HP, Cavalier E, et al. Recommendations on the measurement and the clinical use of vitamin D metabolites and vitamin D binding protein - A position paper from the IFCC Committee on bone metabolism[J]. Clin Chim Acta, 2021, 517: 171-197.

[15] Zhang XL, Zhang Q, Zhang X, et al. Effect of vitamin D (3) supplementation in winter on physical performance of university students: A one-month randomized controlled trial[J]. J Int Soc Sports Nutr, 2023, 20(1): 2258850.

[16] Stounbjerg NG, Thams L, Hansen M, et al. Effects of vitamin D and high dairy protein intake on bone mineralization and linear growth in 6- to 8-year-old children: the D-pro randomized trial[J]. Am J Clin Nutr, 2021, 114(6): 1971-1985.

[17] Hung C, Munoz M, Shibli-Rahhal A. Anorexia nervosa

（下转第 988 页）

Chin J Child Heal Care, 2018, 26(3): 243-246. (in Chinese)

[29] Ortiz-Marrón H, Ortiz-Pinto MA, Urtasun Lanza M, et al. Household food insecurity and its association with overweight and obesity in children aged 2 to 14 years[J]. BMC Public Health, 2022, 22(1): 1930.

[30] Abraham S, Breeze P, Sutton A, et al. Household food insecurity and child health outcomes: A rapid review of mechanisms and associations[J]. Lancet, 2023, 402(Suppl 1): 16.

[31] Scaglioni S, De Cosmi V, Ciappolino V, et al. Factorsinfluencing children's eating behaviours[J]. Nutr, 2018, 10(6): 706.

[32] Zhang R, Yu X, Yu Y, et al. Familyfood environments and their association with primary and secondary students' food consumption in Beijing, China: A cross-sectional study[J]. Nutr, 2022, 14(9): 1970.

[33] 吴斌. 幼儿膳食搭配与营养均衡[J]. 家庭科技, 2023(6): 50-52.
Wu B. Reasonable allocation and nutritional balance of young children[J]. Sci Technol Fam, 2023(6): 50-52. (in chinese)

[34] Manjong FT, Verla VS, Egbe TO, et al. Impact ofnutrition education on the nutrition capacity of caregivers and nutrition outcomes of indigenous mbororo children in the west region of cameroon: Protocol for a cluster randomized controlled trial[J]. JMIR Res Protoc, 2021, 10(5): e23115.

[35] 陈群, 赵海浪. 健康信念模式在健康促进中的应用进展[J]. 临床合理用药杂志, 2014, 7(23): 172-174.
Chen Q, Zhao HL. Progress in the application of health belief models in health promotion[J]. Chin J Clin Ration Drug Use, 2014, 7(23): 172-174. (in Chinese)

[36] 毛华. 以健康信念为指导的照护人喂养行为干预在提高 2～5 岁儿童体格发育及改善营养状况[J]. 中国医学创新, 2018, 15(18): 145-148.
Mao H. Health belief model as parental feeding behavior intervention in improving physical development and nutritional status of children age 2-5 years[J]. Med Innov Chin, 2018, 15(18): 145-148. (in Chinese)

[37] 路长胜. 一站式儿童保健服务模式与儿童保健质量的策略研究[J]. 系统医学, 2019, 4(16): 93-95.
Lu CS. One-stop child health care service model and strategy research on children's health care quality[J]. Syst Med, 2019, 4(16): 93-95. (in Chinese)

[38] 马丽芳. 全力做好大理妇幼健康工作[N]. 大理日报(汉), 2023-10-16(005).
Ma LF. Make every effort to do a good job in maternal and child health in Dali[N]. Dali Dly(Han), 2023-10-16(005). (in Chinese)

[39] 田艳丽. 一站式儿童保健服务模式对儿童保健质量的影响[J]. 中国社区医师, 2022, 38(18): 138-140.
Tian YL. The impact of one-stop child health service model on the quality of children's health care[J]. Chin Comm Dr, 2022, 38(18): 138-140. (in Chinese)

[40] 欧初贵. 营养知识宣教在儿童保健工作中的效果[J]. 深圳中西医结合杂志, 2018, 28(1): 197-198.
Ou CG. The effectiveness of nutrition education in children's health care[J]. Shenzhen J Integr Tradit Chin West Med, 2018, 28(1): 197-198. (in chinese)

收稿日期:2023-09-26 **修回日期**:2024-02-01 **本文编辑**:李少闻

(上接第 983 页)

and osteoporosis[J]. Calcif Tissue Int, 2022, 110(5): 562-575.

[18] Makitie O, Zillikens MC. Early-onset osteoporosis[J]. Calcif Tissue Int, 2022, 110(5): 546-561.

[19] Fernandez-Torres J, Zamudio-Cuevas Y, Martinez-Nava GA, et al. Impact of cadmium mediated by tobacco use in musculoskeletal diseases[J]. Biol Trace Elem Res, 2022, 200(5): 2008-2015.

[20] Nilsen OA, Emaus N, Christoffersen T, et al. The influence of snuff and smoking on bone accretion in late adolescence. The Tromso study, fit futures[J]. Arch Osteoporos, 2021, 16(1): 143.

[21] Gordon RJ, Gordon CM. Adolescents and bone health[J]. Clin Obstet Gynecol, 2020, 63(3): 504-511.

[22] Seabra O, Pereira VG, Espindula AP, et al. Even without changing the bone mineral density, alcohol consumption decreases the percentage of collagen, the thickness of bone trabeculae, and increases bone fragility[J]. An Acad Bras Cienc, 2022, 94(Suppl 3): e20210661.

[23] Turner RT, Sattgast LH, Jimenez VA, et al. Making sense of the highly variable effects of alcohol on bone[J]. Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism, 2021(7). doi: 10.1007/s12018-021-09277-8

[24] Wilson-Barnes SL, Lanham-New SA, Lambert H. Modifiable risk factors for bone health & fragility fractures[J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2022, 36(3): 101758.

[25] Fintini D, Cianfarani S, Cofini M, et al. The bones of children with obesity[J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2020, 11: 200.

[26] Deng KL, Yang WY, Hou JL, et al. Association between body composition and bone mineral density in children and adolescents: A systematic review and Meta-analysis[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(22): 12126..

[27] Wang GX, Fang ZB, Li HL, et al. Effect of obesity status on adolescent bone mineral density and saturation effect: A cross-sectional study[J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 994406.

[28] Oumer KS, Liu Y, Yu Q, et al. Awareness of osteoporosis among 368 residents in China: A cross-sectional study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21(1): 197.

[29] Rastgoo F, Vasli P, Rohani C, et al. Predictors of osteoporosis preventive behaviors among adolescent: A cross-sectional study[J]. Pediatr Endocrinol Diabetes Metab, 2021, 27(3): 183-190.

[30] Ciancia S, Hogler W, Sakkers R, et al. Osteoporosis in children and adolescents: How to treat and monitor? [J]. Eur J Pediatr, 2023, 182(2): 501-511.

收稿日期:2023-09-11 **修回日期**:2023-12-07 **本文编辑**:李少闻