

非药物治疗促进维生素D吸收的研究进展*

金镇雄¹, 黄 晨^{1,2,3}, 唐德志^{1,2,3,4,5**}

(1. 上海中医药大学附属龙华医院 上海 200032; 2. 上海中医药大学脊柱病研究所 上海 200032;

3. 教育部筋骨理论与治法重点实验室 上海 200032; 4. 石筱山伤科学术研究中心 上海 200032;

5. 施杞名中医工作室 上海 200032)

摘要:随着人口老龄化的进展,肌肉骨骼健康将作为老年人健康状况的最重要指标之一。目前药物促进维生素D吸收的相关研究较普遍,但药物都伴随着后续的副作用。值得注意的是,多种非药物治疗也正探究各自对促进维生素D吸收作用影响。本文旨在浅析维生素D在骨质疏松中的作用机制,探讨针灸、推拿和穴位埋线等中医特色疗法、以及通过日照、饮食、有氧运动、太极及健美操等促进维生素D吸收的研究进展,为临床及科研选择适当方法促进维生素D吸收提供参考。同时,为长期居家骨量减少和骨质疏松人群提供非药物治疗途径控制骨量流失。

关键词:骨质疏松 骨量减少 非药物治疗 维生素D 研究进展

doi: 10.11842/wst.20230316005 中图分类号: R454.6 文献标识码: A

骨质疏松症是一个公共健康问题,成骨细胞和破骨细胞有助于维持骨骼形成和吸收之间的平衡,一旦这种平衡因骨形成的减少和骨吸收的增加而被破坏,就会诱发骨质流失,提高骨折的风险^[1]。全世界50岁以上人群中,有1/3-1/2的女性和1/5的男性将经历至少一次骨折^[2-3]。2010年,全世界50岁以上人群中,约1.58亿人有骨质疏松性骨折高风险,预计至2040年,骨质疏松性骨折高风险人群将翻一番^[2,4]。骨质疏松常见于绝经后妇女和老年人,并受到饮食因素、生活方式和一些次要因素的影响^[5]。尽管有许多药物可用于治疗骨质疏松症,但这些治疗方法都伴随着后续的副作用^[6]。并且随着部分老年人居家时间较长,多数老年人长期不运动、久坐等行为,不仅对心理健康带来负面影响,而针对慢性疾病患者对其自身基础疾病都将带来危害^[7]。本文旨在浅析维生素D在骨质疏松中的作用机制,探讨针灸、推拿和穴位埋线等中医特

色疗法、以及通过日照、饮食、有氧运动、太极及健美操等促进维生素D吸收的研究进展。

1 维生素D在骨质疏松中的作用

众所周知,循环中的维生素D主要来源于皮肤合成,而一小部分来自饮食摄入,维生素D缺乏症是一种全球性流行病,由于其在各种生理系统中的作用,对人类健康具有多重影响^[8]。据报道,就维生素D的内源性合成而言,65岁人群的皮肤产生维生素的能力约为20-30岁暴露于相同日照量的人群的25%^[9]。虽然随着年龄的增长,钙的吸收率下降可能是多因素造成的,但补充维生素D的效果表明,维生素D的缺乏是老年人钙吸收不良的主要原因^[10]。其机制可能由于血清25(OH)D的减少,同时随着肾功能的下降,肾小球滤过率降低^[11],25(OH)D羟化为1,25(OH)₂D的功能受损,维生素D代谢物对肠黏膜作用的抵抗力和女性循环

收稿日期:2023-03-16

修回日期:2023-05-01

* 国家自然科学基金青年项目(82305262):基于骨骼肌卫星细胞 β -catenin/c-Jun/Smad4轴研究健脾补肾方促进骨质疏松性骨折愈合的作用机制,负责人:金镇雄;国家自然科学基金面上项目(81973883):Suv39h1调节骨骼肌卫星细胞成肌和成骨分化的分子机制及健脾补肾方干预的作用机制研究,负责人:唐德志;上海中医药大学“杏林百人”计划项目(上中医人字[2020]23号):补肾中药调控骨代谢的研究,负责人:唐德志。

** 通讯作者:唐德志,研究员,博士生导师,主要研究方向:中医药防治骨退行性疾病研究。

雌激素浓度低有关^[12]。而骨质疏松症被定义为一种骨骼疾病,其特点是骨强度受损,容易导致骨折的风险增加,低骨密度(Bone mineral density, BMD)与骨质疏松性骨折的风险增加有关,在老年人中保持较高的BMD可以减少骨折的风险,这可以通过药物和饮食干预来实现,包括使用钙和维生素D的补充^[9]。维持维生素D水平可以使人体机能的许多方面发挥最佳功能,包括平衡和肌肉力量,从而降低骨折风险,超出骨骼本身的质量和数量所能达到的水平^[13]。此外,在欧洲骨质疏松症、骨关节炎和肌肉骨骼疾病临床和经济方面协会和国际骨质疏松症基金会(International Osteoporosis Foundation, IOF)专家共识指出,钙和维生素D补充剂可适度降低骨折风险,但不支持单独补充钙来减少骨折,盲目补钙可能带来副作用包括肾结石和胃肠道症状,建议补充维生素D,而不是直接补充钙,这可以降低跌倒风险^[14]。除此之外,维生素D缺乏也是儿童营养性佝偻病和成人骨软化症的主要原因,以及与癌症、心血管疾病、糖尿病、自身免疫性疾病和抑郁症之间存在关联^[15]。然而,对于长期居家老年人、骨量减少及骨质疏松患者而言,通过非药物疗法促进维生素D吸收也至关重要。

2 非药物疗法促进维生素D吸收

2.1 中医特色疗法

中医特色疗法包括针刺、艾灸、温针灸、推拿、隔药灸、穴位埋线等,针对维生素D吸收疗效显著。研究表明,中医特色疗法具有其整体性和双向性的作用特征,使机体免疫系统保持在相对平衡的状态下,可促进维生素D的吸收,改善骨质疏松骨量减少,此外可抑制溃疡性结肠炎等炎症反应。

基础研究发现电针能增强维生素D受体(Vitamin D receptor, VDR)和子宫内膜表达钙粘蛋白-d9k(Endometrial expression of calbindin, CaBP-d9k)在绝经后骨质疏松症模型大鼠结肠黏膜中的表达,其作用机制可能是通过改善胃肠对钙等营养物质的利用度,纠正钙吸收障碍而实现的^[16]。此外,研究发现电针、隔药灸可以显著改善溃疡性结肠炎大鼠结肠黏膜炎症反应,该效应可能与针灸对维生素D受体及下游p53信号通路的调节作用有关^[17]。同时,隔药灸可抑制溃疡性结肠炎大鼠结肠干扰素- γ (Interferon- γ , IFN- γ)、肿瘤坏死因子 α (Tumour necrosis factor- α , TNF- α)的表

达,升高其血清和结肠中的维生素D及其受体的浓度($P<0.05$),溃疡性结肠炎大鼠肠道炎症与低浓度的维生素D呈负相关^[18]。

临床研究方面,有学者通过针刺结合穴位埋线对骨量减少患者疗效观察发现与治疗前比较,针刺结合埋线组治疗3月、6月后血清1,25羟基维生素D明显升高,可改善骨量减少者中医症状以及骨代谢水平^[19]。并且,柴忠等^[20]通过针灸治疗绝经期骨质疏松患者65例进行随机分组对照研究发现治疗后,两组血清维生素D水平均高于治疗前($P<0.05$),且实验组患者治疗后血清维生素D水平高于对照组($P<0.05$)。说明针灸对绝经期女性骨代谢及维生素D水平有较好的调节作用,对于绝经期骨质疏松患者的康复有良好的促进作用。除此之外,有学者观察宣肺健脾推拿联合针刺治疗231例过敏性鼻炎患儿的临床疗效中,发现治疗后1,25-OH-D3水平较治疗前降低,且观察组1,25-OH-D3水平低于对照组($P<0.05$)^[21]。因此,中医特色疗法中针刺、艾灸、温针灸、推拿、隔药灸、穴位埋线等均可促进维生素D的吸收,改善骨质疏松骨量减少。

2.2 日照及饮食

维生素D主要是通过暴露在阳光下以及饮食和膳食补充剂获得的必需营养素。紫外线B(Ultraviolet B, UVB)照射将皮肤中的7-脱氢胆固醇转化为前维生素D3,后转化为维生素D3^[22]。但维生素D3的形成受皮肤色素沉着、防晒、纬度、年龄、紫外线暴露量和衣服覆盖率的影响,其中任何一个都可能显著影响维生素D的水平^[23]。此外,在饮食中,维生素D主要存在于多脂鱼、鱼肝油、蛋黄、强化谷物和奶制品中^[24-25]。但在肉类和内脏中,维生素D含量通常较低,但频繁食用鱼类可能是维持所需25(OH)D水平的好策略,这一点已在日本老年女性中得到认证^[26]。因此,人在冬季经常吃鱼也可以维持所需的血清25(OH)D水平。此外,蘑菇作为另一种代表食物,是维生素D的天然来源。所有食用菌都富含麦角甾醇,当受到阳光或UVB光照射时,麦角甾醇会转化为维生素D2^[25]。

同时,饮食干预对于预防骨质疏松症是非常重要的,日常饮食中的营养物质,如不饱和脂肪酸、蛋白质、矿物质、肽类、植物雌激素和益生元,可以调节骨代谢,逆转骨质流失^[1]。食物提供或由皮肤合成产生的维生素D在肝脏中发生羟基化作用,形成25(OH)D,这是最丰富的循环形式^[27]。随后在肾脏中,25(OH)D

转化为 $1,25(\text{OH})_2\text{D}$,这与肠道中钙和磷酸盐的吸收代谢密切相关^[28]。因此,处于隔离管控或居家隔离状态的人应该每天适度暴露在阳光下(如果可能的话),并且无论如何都要考虑上述维生素D的饮食来源。因此,适当的饮食干预(营养素和饮食模式)可以成为预防和治疗整个生命周期的骨质疏松症的主要和有效策略。

2.3 运动疗法

目前可获得的大量学术证据表明,定期锻炼对免疫系统有益,并降低感染某些炎症及病毒感染的风险,例如上呼吸道感染^[29]。在这种情况下,研究表明,在适度或剧烈运动期间,免疫系统会发生一些积极的变化。在肺炎流行期间,必须保持适量的运动水平,以减轻不活动和社会隔离压力对免疫系统的有害影响^[30]。在一些研究中已经观察到体育锻炼增加肌肉组织中VDR的表达,维生素D和VDR参与维持骨骼肌质量和功能^[31]。并且Lithgow等^[32]研究表明,适度的有氧运动会增加维生素D缺乏男性中T细胞维生素D受体的表达。各种组织中维生素D受体的变化,包括体育锻炼后的免疫系统,可用作增强免疫系统对补充维生素D的反应机制。太极拳作为一种中低强度的有氧运动,结合了身心训练,对人体健康有着积极的影响^[33]。Solianik等^[34]研究表明,太极拳是一种有效的干预措施,可以在居家隔离条件下进行,以改善老年人的身心功能。此外,太极拳已被证明可以增加肺活量、改善认知状态和心理健康,从而提高慢性阻塞性肺病等疾病的生活质量^[35]。同时通过临床随机对照试验(Randomized controlled trials, RCT)发现,太极拳和健康教育均可改善患者心理健康和幸福感,但太极拳使心理健康反应得到改善的几率更大,表明太极拳对身心恢复能力更强^[36]。此外,通过运动疗法治疗绝经后骨质疏松症患者观察骨密度及生化指标的影响,发现两组在治疗后患者血清 $1,25-(\text{OH})_2\text{D}_3$ 含量均升高,治疗组升高且有显著差异($P<0.05$),说明运动疗法为治疗绝经后骨质疏松症的有效手段^[37]。并且机制研究表明,维生素D参与肌肉脂质包装、分配和线粒体脂质氧化,并且维生素D可以通过改变运动训练对氧化的脂质可用性来改善代谢功能障碍,并可能有助于调节炎症通路^[38]。另一方面,基础研究发现跑台运动训练可提高生长期小鼠的骨密度,并且中、低强度的运动训练在一定程度上可以提高生长期小鼠股骨的生

物力学性能^[39]。此外,有氧运动能显著增加左旋甲状腺素及维生素D3对亚临床甲减性骨质疏松的改善作用,亚临床甲减性骨质疏松的治疗中,应重视甲状腺素、维生素D3及有氧运动的综合性治疗手段^[40]。然而,在这方面还需要更多的研究,尤其是在国内研究甚少。虽然自我隔离锻炼具有挑战性,但可尝试一些耐力锻炼如有氧运动、健美操等,而在力量方面,在没有健身器材的情况下,仍有许多锻炼重点是加强核心和四肢体重。可以通过自媒体找到基于家庭的体能训练。

3 讨论

维生素D参与指导成骨细胞的增殖或凋亡,调节向骨基质生成细胞的分化,并控制随后的骨基质矿化^[41]。维生素D缺乏在妊娠和新生儿中典型表现是妊娠晚期低钙血症和营养性佝偻病^[42]。众所周知,维生素D可以通过调节抗微生物肽的产生来提高先天免疫力^[43]。然而,最近的研究表明不仅在妊娠阶段,而且在妊娠之前维生素D状况可在后代日后患支气管炎^[44]、哮喘^[45]、1型糖尿病^[46]、多发性硬化症和自闭症^[47]等疾病的易感性中起作用。老年人长期居家致身体长期处于活动不足、久坐等状态,负面情绪显著增加。因此,应提出有效的运动管理作为预防策略,以改善身心健康,同时减少骨量丢失对人体的影响。而在人体中维生素D缺乏会增加骨质疏松患者的骨折风险^[48]。维生素D在预防细胞因子风暴和急性呼吸窘迫综合征方面存在积极作用^[49]。并且维生素D可以在降低老年人呼吸道疾病的风险、降低肺炎的潜在严重后果方面发挥重要作用^[50]。从机制上讲,具有生物活性的维生素D通过调节小肠中的钙转运蛋白、刺激破骨细胞成熟和帮助骨骼生长来增强钙的肠道吸收^[51]。根据临床研究发现维生素D与有氧运动相结合,可能会通过减少肌肉细胞和增加健康老年人的组织水平吸氧量($\text{Oxygen uptake, VO}_2$)来增强运动的代谢益处^[52]。这些观察结果同维生素D与运动相结合对肌肉线粒体功能产生积极影响的报道一致^[53]。

除此之外,维生素D是一种脂溶性类固醇,在调节钙和磷水平方面起着重要作用。维生素D可以自主发挥作用,增强先天免疫反应,抑制获得性免疫反应^[54]。同时,维生素D是一种可能对癌症治疗有用的非氧化维生素^[55]。已经观察到VDR在免疫系统中显

著表达,这增加了维生素D和类似物可能具有免疫调节活性的可能性^[56]。细胞研究表明,维生素D可调节各种防御和免疫细胞的活性,包括血液单核细胞、巨噬细胞、抗原提供细胞和活化的CD4+T细胞或上皮细胞^[57]。因此,免疫系统可能是维生素D抗肿瘤作用的治疗靶点。

近年来,多种非药物疗法正用于探究各自对促进维生素D吸收作用影响。同时,中药物疗法在促进维生素D吸收的相关研究中也取得显著疗效。研究表明,加味四君子汤联合西药可促进维生素D缺乏性佝偻病患儿的血清25-(OH)D₃、血钙水平^[58]。并且加味左归丸联合钙剂、骨化三醇对肝肾阴虚型绝经后骨质疏松症患者治疗24周后,对血清骨钙素、1,25(OH)₂D₃均有明显改善^[59]。此外,补骨益肾汤可促进老年OVCF患者椎体成形术后症状改善及维生素D水平提高^[60]。因

此,必要时应配合内服药物,从而达到内外兼固,全方位促进维生素D的吸收,防止骨量流失及其他代谢性疾病的进展。

4 小结

综上所述,中医特色疗法中针刺、艾灸、温针灸、推拿、隔药灸、穴位埋线均可促进维生素D的吸收,改善骨质疏松骨量减少。在条件允许的情况下,针对长期居家老年人、骨量减少及骨质疏松患者应该每天适度暴露在阳光下,并且注重考虑饮食来源的维生素D补充,配合有氧运动如太极拳、健美操等,以减少骨质疏松人群因居家隔离期间缺乏身体活动、久坐和焦躁产生的负面影响。因此,适当的日光浴配合饮食干预、有氧运动可以成为预防和治疗整个生命周期的骨质疏松症的主要和有效策略。

参考文献

- Guo D J, Zhao M G, Xu W, *et al.* Dietary interventions for better management of osteoporosis: An overview. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2023, 63(1):125-144.
- 中国康复医学会骨质疏松预防与康复专业委员会. 骨质疏松性骨折二级预防中国专家共识. 中华医学杂志, 2022, 102(45):3581-3591.
- Sözen T, Özışık L, Başaran N Ç. An overview and management of osteoporosis. *Eur J Rheumatol*, 2017, 4(1):46-56.
- Odén A, McCloskey E V, Kanis J A, *et al.* Burden of high fracture probability worldwide: Secular increases 2010-2040. *Osteoporos Int*, 2015, 26(9):2243-2248.
- 宁可永. 骨质疏松症的临床研究进展. 中国中医药信息杂志, 2002, 9(2):74-77.
- Aschenbrenner D S. Osteoporosis drug increases hypocalcemia risk in Dialysis patients. *Am J Nurs*, 2023, 123(3):20.
- Holmes E A, O'Connor R C, Perry V H, *et al.* Multidisciplinary research priorities for the COVID-19 pandemic: A call for action for mental health science. *Lancet Psychiatry*, 2020, 7(6):547-560.
- Brincat M, Gambin J, Brincat M, *et al.* The role of vitamin D in osteoporosis. *Maturitas*, 2015, 80(3):329-332.
- Hill T R, Aspray T J. The role of vitamin D in maintaining bone health in older people. *Ther Adv Musculoskelet Dis*, 2017, 9(4):89-95.
- Francis R M, Peacock M, Barkworth S A. Renal impairment and its effects on calcium metabolism in elderly women. *Age Ageing*, 1984, 13(1):14-20.
- Baker M R, Peacock M, Nordin B E C. The decline in vitamin d status with age. *Age Ageing*, 1980, 9(4):249-252.
- Eastell R, Yergey A L, Vieira N E, *et al.* Interrelationship among vitamin D metabolism, true calcium absorption, parathyroid function, and age in women: Evidence of an age-related intestinal resistance to 1, 25-dihydroxyvitamin D action. *J Bone Miner Res*, 1991, 6(2):125-132.
- Vieth R. The role of vitamin D in the prevention of osteoporosis. *Ann Med*, 2005, 37(4):278-285.
- Harvey N C, Biver E, Kaufman J M, *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). *Osteoporos Int*, 2017, 28(2):447-462.
- Bouillon R, Antonio L, Olarte O R. Calcifediol (25OH vitamin D₃) deficiency: A risk factor from early to old age. *Nutrients*, 2022, 14(6):1168.
- 施洁. 电针对去卵巢大鼠肠粘膜钙结合蛋白D9K和维生素D受体基因表达的影响. 南京: 南京中医药大学硕士学位论文, 2014.
- 李晗, 李昆珊, 吴璐一, 等. 针灸对溃疡性结肠炎大鼠维生素D受体及p53信号通路调节作用的研究. 世界中医药, 2020, 15(15):2259-2263.
- 王宽, 刘慧荣, 吴焕淦, 等. 维生素D参与隔药灸对溃疡性结肠炎大鼠结肠的影响研究. 世界中医药, 2020, 15(14):2053-2062.
- 滕诗田. 针刺结合穴位埋线对骨量减少患者疗效观察及骨代谢的影响. 杭州: 浙江中医药大学硕士学位论文, 2017.
- 柴忠, 梁旭. 针灸预防性治疗对绝经期女性骨代谢及VitD水平的影响. 针灸临床杂志, 2017, 33(7):5-8.
- 方小娟. 宣肺健脾推拿联合针灸治疗小儿过敏性鼻炎临床研究. 新中医, 2020, 52(15):151-154.

- 22 Yousfi N, Bragazzi N L, Briki W, *et al.* The COVID-19 pandemic: How to maintain a healthy immune system during the lockdown—a multidisciplinary approach with special focus on athletes. *Biol Sport*, 2020, 37(3):211–216.
- 23 Aranow C. Vitamin D and the immune system. *J Investig Med*, 2011, 59(6):881–886.
- 24 Lange N E, Litonjua A, Hawrylowicz C M, *et al.* Vitamin D, the immune system and asthma. *Expert Rev Clin Immunol*, 2009, 5(6): 693–702.
- 25 Polzonetti V, Pucciarelli S, Vincenzetti S, *et al.* Dietary intake of vitamin D from dairy products reduces the risk of osteoporosis. *Nutrients*, 2020, 12(6):1743.
- 26 Nakamura K, Nashimoto M, Hori Y, *et al.* Serum 25-hydroxyvitamin D concentrations and related dietary factors in peri- and postmenopausal Japanese women. *Am J Clin Nutr*, 2000, 71(5):1161–1165.
- 27 Shinchuk L, Holick M F. Vitamin D and rehabilitation: Improving functional outcomes. *Nutr Clin Pract*, 2007, 22(3):297–304.
- 28 Garcia A F Q M, Murakami A E, Duarte C R, *et al.* Use of vitamin d3 and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. *sian-Australas J Anim Sci*, 2013, 26(3): 408–415.
- 29 Nieman D. Risk of upper respiratory tract infection in athletes: An epidemiologic and immunologic perspective. *J Athl Train*, 1997, 32(4): 344–349.
- 30 Simpson R J, Katsanis E. The immunological case for staying active during the COVID-19 pandemic. *Brain Behav Immun*, 2020, 87:6–7.
- 31 Makanae Y, Ogasawara R, Sato K, *et al.* Acute bout of resistance exercise increases vitamin D receptor protein expression in rat skeletal muscle. *Exp Physiol*, 2015, 100(10):1168–1176.
- 32 Lithgow H, Florida-James G, Ross M, *et al.* Exercise acutely increases vitamin D receptor expression in T lymphocytes in vitamin D-deficient men, independent of age. *Exp Physiol*, 2021, 106(7):1460–1469.
- 33 Xu S D, Baker J S, Ren F. The positive role of Tai Chi in responding to the COVID-19 pandemic. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(14):7479.
- 34 Solianik R, Mickevičienė D, Žlibinaitė L, *et al.* Tai Chi improves psychoemotional state, cognition, and motor learning in older adults during the COVID-19 pandemic. *Exp Gerontol*, 2021, 150:111363.
- 35 Castro J P, Kierkegaard M, Zeitelhofer M. A call to use the multicomponent exercise Tai Chi to improve recovery from COVID-19 and long COVID. *Front Public Health*, 2022, 10:827645.
- 36 Kohn J N, Lobo J D, Troyer E A, *et al.* Tai Chi or health education for older adults with hypertension: Effects on mental health and psychological resilience to COVID-19. *Aging Ment Health*, 2023, 27(3):496–504.
- 37 陈红. 运动疗法对绝经后骨质疏松症患者骨密度及生化指标的影响. 南京: 南京中医药大学硕士学位论文, 2015.
- 38 Thomas D T, DelCimmino N R, Flack K D, *et al.* Reactive oxygen species (ROS) and antioxidants as immunomodulators in exercise: Implications for heme oxygenase and bilirubin. *Antioxidants (Basel)*, 2022, 11(2):179.
- 39 吴隽旎. 运动及补充维生素D对生长期小鼠骨密度及骨生物力学的影响. 上海: 上海体育学院硕士学位论文, 2015.
- 40 温霜威, 武青梅. 有氧运动联合左旋甲状腺素与维生素D3改善亚临床甲减大鼠骨质疏松的作用. 中国组织工程研究, 2020, 24(26): 4118–4124.
- 41 van Driel M, van Leeuwen J P T M. Vitamin D and bone: A story of endocrine and auto/paracrine action in osteoblasts. *Nutrients*, 2023, 15(3):480.
- 42 Mansur J L, Oliveri B, Giacoia E, *et al.* Vitamin D: Before, during and after pregnancy: Effect on neonates and children. *Nutrients*, 2022, 14(9):1900.
- 43 Liu P T, Stenger S, Li H Y, *et al.* Toll-like receptor triggering of a vitamin D-mediated human antimicrobial response. *Science*, 2006, 311(5768):1770–1773.
- 44 Wagner C L, Hollis B W. The implications of vitamin D status during pregnancy on mother and her developing child. *Front Endocrinol*, 2018, 9:500.
- 45 Lundqvist A, Sandström H, Stenlund H, *et al.* Vitamin D status during pregnancy: A longitudinal study in Swedish women from early pregnancy to seven months postpartum. *PLoS One*, 2016, 11(3): e0150385.
- 46 Infante M, Ricordi C, Sanchez J, *et al.* Influence of vitamin D on islet autoimmunity and beta-cell function in type 1 diabetes. *Nutrients*, 2019, 11(9):2185.
- 47 Pierrot-Deseilligny C, Souberbielle J C. Vitamin D and multiple sclerosis: An update. *Mult Scler Relat Disord*, 2017, 14:35–45.
- 48 Lips P, Bouillon R, van Schoor N M, *et al.* Reducing fracture risk with calcium and vitamin D. *Clin Endocrinol*, 2010, 73(3):277–285.
- 49 Rhodes J M, Subramanian S, Laird E, *et al.* Editorial: Low population mortality from COVID-19 in countries south of latitude 35 degrees North supports vitamin D as a factor determining severity. *Aliment Pharmacol Ther*, 2020, 51(12):1434–1437.
- 50 Grant W, Lahore H, McDonnell S, *et al.* Evidence that vitamin D supplementation could reduce risk of influenza and COVID-19 infections and deaths. *Nutrients*, 2020, 12(4):988.
- 51 Vici G, Camilletti D, Polzonetti V. Possible role of vitamin D in celiac disease onset. *Nutrients*, 2020, 12(4):1051.
- 52 Thomas D T, Schnell D M, Redzic M, *et al.* Local *in vivo* measures of muscle lipid and oxygen consumption change in response to combined vitamin D repletion and aerobic training in older adults. *Nutrients*, 2019, 11(4):930.
- 53 Ryan Z, Craig T, Folmes C D L, *et al.* 1 α , 25-dihydroxyvitamin D3 regulates mitochondrial oxygen consumption and dynamics in human skeletal muscle cells. *J Biol Chem*, 2015, 291:1514–1528.
- 54 Jacobs J P, Gupta A, Bhatt R R, *et al.* Cognitive behavioral therapy for irritable bowel syndrome induces bidirectional alterations in the brain-gut-microbiome axis associated with gastrointestinal symptom improvement.

- Microbiome*, 2021, 9(1):236.
- 55 Mäkitie A, Tuokkola I, Laurell G, *et al.* Vitamin D in head and neck cancer: A systematic review. *Curr Oncol Rep*, 2020, 23(1):1–8.
- 56 Molanouri Shamsi M, Vahed A, Ahmadi Hekmatikar A, *et al.* Combined effects of exercise training and nutritional supplementation in cancer patients in the context of the COVID-19: A perspective study. *Front Nutr*, 2022, 9:847215.
- 57 Bae M, Kim H. The role of vitamin C, vitamin D, and selenium in immune system against COVID-19. *Molecules*, 2020, 25(22):5346.
- 58 荆晶, 刘爱霞. 四君子汤加味联合西药治疗维生素D缺乏性佝偻病临床研究. *新中医*, 2023, 55(2):28–31.
- 59 蔡寒涛. 加味左归丸对肝肾阴虚型绝经后骨质疏松症的临床疗效观察. 武汉: 湖北中医药大学硕士学位论文, 2020.
- 60 刘宗宇. 补骨益肾汤对老年OVCF患者椎体成形术后症状改善及骨代谢指标影响的临床研究. 济南: 山东中医药大学硕士学位论文, 2022.

Advances in the Study of Non-Pharmacological Therapies to Promote Vitamin D Absorption

JIN Zhenxiong¹, HUANG Chen^{1,2,3}, TANG Dezhi^{1,2,3,4,5}

(1. Longhua Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200032, China; 2. Spine Institute, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200032, China; 3. Key Laboratory of Theory and Therapy of Muscles and Bones, Ministry of Education of China, Shanghai 200032, China; 4. Traumatological Academic Research Center of Shi Xiao Mountain, Shanghai 200032, China; 5. Famous Traditional Chinese Medicine Studio of Shi Qi, Shanghai 200032, China)

Abstract: As population aging progresses, musculoskeletal health will serve as one of the most important indicators of health status in older adults. Studies related to the promotion of vitamin D absorption by drugs are now more common, but the drugs are accompanied by subsequent side effects. Notably, several non-pharmacological therapies are also being investigated for their respective effects on promoting vitamin D absorption. The purpose of this paper is to analyze the mechanism of vitamin D in osteoporosis, and to discuss the progress of research on the promotion of vitamin D absorption by acupuncture, tui na and acupuncture point burial, as well as by sunlight, diet, aerobic exercise, tai chi and aerobics, in order to provide a reference for clinical and scientific research on the selection of appropriate methods to promote vitamin D absorption. At the same time, it provides a non-pharmacological way to control bone loss for people with long-term bone loss and osteoporosis.

Keywords: Osteoporosis, Bone loss, Non-pharmacological therapy, Vitamin D, Research progress

(责任编辑: 刘玥辰)