DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240229

· 综　述 ·

结核病与维生素 D 缺乏

李晨琪[1,2]，苗　根[1]，卢宏涛[1]，李红霞[1]，汤雨潇[1]，沈　慧[1*]
1. 海军军医大学（第二军医大学）海军医学系，上海 200433
2. 海军军医大学（第二军医大学）第三附属医院营养科，上海 200438

［摘要］ 结核病仍然是全球第二大单一传染源死因，结核病与机体营养状态之间存在双向关系，相互影响，互为因果。维生素 D 是人体一种必需微量营养素，多数研究结果显示结核病患者普遍存在维生素 D 缺乏现象，这与日照不足、饮食维生素 D 摄入减少以及抗结核药物影响有关。维生素 D 水平低可在一定程度上增加结核病易感性，但研究结果并不完全一致。本文就近年来结核病患者维生素 D 营养状况、导致结核病患者维生素 D 缺乏的原因以及维生素 D 缺乏对结核病易感性的影响等方面作一综述，以期为深入研究维生素 D 在结核病防治中的作用提供参考。

［关键词］ 维生素 D 缺乏；结核病；易感性；营养不良
［引用本文］ 李晨琪，苗根，卢宏涛，等. 结核病与维生素D缺乏［J］. 海军军医大学学报，2025，46（11）：1476-1481. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240229.

Tuberculosis and vitamin D deficiency

LI Chenqi[1,2], MIAO Gen[1], LU Hongtao[1], LI Hongxia[1], TANG Yuxiao[1], SHEN Hui[1*]
1. Faculty of Naval Medicine, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China
2. Department of Nutrition, The Third Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200438, China

［**Abstract**］ Tuberculosis is still the second leading cause of death from a single source of infection in the world. There is a two-way relationship between tuberculosis and the nutritional status of the body, which affects and causes each other. Vitamin D is an essential micronutrient, most research results show that vitamin D deficiency is common in tuberculosis patients, which is related to lack of sunlight, decreased dietary intake of vitamin D and anti-tuberculosis drug treatment. Low level vitamin D can increase tuberculosis susceptibility to some extent, but the research results are not completely consistent. This paper reviews the nutritional status of vitamin D in tuberculosis patients in recent years, the causes of vitamin D deficiency in tuberculosis patients and the relationship between vitamin D deficiency and susceptibility of tuberculosis, so as to provide references for further study on the role of vitamin D in tuberculosis prevention and treatment.

［**Key words**］ vitamin D deficiency; tuberculosis; susceptibility; malnutrition
［**Citation**］ LI C, MIAO G, LU H, et al. Tuberculosis and vitamin D deficiency［J］. Acad J Naval Med Univ, 2025, 46(11): 1476-1481. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240229.

WHO 发布的《2023 年全球结核病报告》中提到：2022 年，全球结核病（tuberculosis，TB）患者约为 1 060 万例，死亡人数约 130 万；TB 为全球第二大单一传染源死因[1]。WHO 在多年前已将营养不良列为 TB 发病的高危因素，全球约 220 万例 TB 归因于营养不良[2]。营养不良是影响 TB 患者预后与死亡的独立危险因素，可引起 TB 的恶化和并发症的发生，也更易出现耐药及导致治疗失败[3-5]。近年来，多项研究表明维生素 D（vitamin D，VD）能够抑制结核分枝杆菌的生长，减少潜伏性

［收稿日期］ 2024-04-09　　［接受日期］ 2024-05-17
［基金项目］ 上海市 2024 年度“科技创新行动计划”启明星培育（扬帆专项）（24YF2758300），上海市公共卫生研究专项青年项目（2024GKQ26），上海市嘉定区自然科学研究课题（JDKW-2024-0013）. Supported by Shanghai 2024 “Science and Technology Innovation Action Plan” Rising Stars Cultivation Program (Yangfan Project)(24YF2758300), Shanghai Youth Program of Public Health Research (2024GKQ26), and Natural Science Research Project of Shanghai Jiading District (JDKW-2024-0013).
［作者简介］ 李晨琪，博士生. E-mail: lichenqi@smmu.edu.cn
*通信作者（Corresponding author）. E-mail: shenhuicn@126.com

TB 的再活化，并降低活动性 TB 的严重程度[6-7]。

维生素 D 缺乏（vitamin D deficiency，VDD）现象较为普遍，甚至被学者认为是一个全球性的重要公共卫生问题[8]。多项研究显示，TB 患者普遍存在 VDD，且与 TB 的严重程度相关[9-11]，但研究结果并不完全一致。本文就近年来 TB 患者的 VD 营养状况、导致患者 VDD 的原因及 VDD 对 TB 易感性的影响等方面进行综述，以期为深入研究 VD 在 TB 防治中的作用提供参考。

1　TB 患者的 VD 营养状况

既往多数研究认为 TB 患者普遍存在 VDD，且这一观点近年来也得到了国内外多项研究的支持。Keflie 等[12]的系统综述显示，非洲 TB 患者中 VDD 和 VD 不足的比例分别高达 88.9% 和 96.3%。Gou 等[13]的 meta 分析指出，TB 患者的 VD 水平较对照组平均低 5.49 nmol/L。Kafle 等[14]的系统综述与 meta 分析结果进一步表明，TB 患者发生 VDD 的风险是健康者的 3.23 倍。Sarin 等[15]通过系统综述与 meta 分析发现，在纳入的 16 项研究中，有 11 项显示 TB 患者的 VD 水平与对照组之间存在差异，2 项显示部分差异，3 项无差异，其中针对非洲和欧洲人群的研究提示 TB 患者的 VD 水平较低，而亚洲人群的结果则有所不同，如在阿富汗农村人口中未观察到 VD 水平的显著差异。研究者推测，遗传差异可能是导致研究结果不一致的原因之一。

病例对照研究同样发现 VDD 在 TB 患者中普遍存在。一项于 2014－2016 年在某三甲医院开展的研究（病例组和健康对照组各 50 例）显示，TB 患者的血清 VD 水平显著低于健康对照组，TB 组中存在 VDD 的比例为 54%，而健康对照组中仅为 26%[16]。近期一项在高海拔地区医院开展的横断面研究对 141 例研究对象进行了分析，发现 VDD 的比例为 80.1%（113/141）；与健康对照组相比，TB 患者的 VD 水平显著降低［（12.6±7）ng/mL vs（15.9±7）ng/mL］[17]。另一项为期 17 个月的病例对照研究（病例组和对照组各 70 例）结果显示，TB 患儿的平均 VD 水平为 10.4 ng/mL，而对照组为 22.8 ng/mL，且严重 VDD（低于 10 ng/mL）的比例更高[18]。国内研究也得出类似结果，如丁雷等[19]对活动性肺 TB 患者血清 25- 羟基维生素 D［25-hydroxyvitamin D，25(OH)D］$_3$ 水平的检测显示，病例组水平显著低于健康对照组，且轻、中、重度 TB 患者血清 25(OH)D$_3$ 水平呈降低趋势，说明血清 25(OH)D$_3$ 水平与活动性肺 TB 患者病情发展关系密切。

然而，也有少数研究发现 TB 患者不一定存在 VDD。如 Huang 等[20]的 meta 分析比较了 260 例非洲 HIV-TB 合并感染患者与 164 例无活动性 TB 的非洲 HIV 对照患者的 VD 水平，结果显示两组的血清 / 血浆 25(OH)D 水平差异无统计学意义，分析认为结果可能与 HIV 患者自身极低的免疫状态影响了 VD 代谢有关。此外，Cai 等[21]为探讨中国汉族人群 25(OH)D 水平与 TB 的关联，纳入了 70 例 TB 患者和 210 例对照者，结果显示两组血清 VD 水平差异无统计学意义。

2　TB 患者发生 VDD 的原因

机体 VD 的主要来源一是皮肤接受紫外线照射生成，二是从海鱼、动物肝脏、蛋黄、奶油等食物中摄取。基于这两方面，近年国内外学者开展了一系列研究。

一项对 85 例格鲁吉亚第比利斯肺 TB 患者的调查发现，97% 和 83% 的肺 TB 患者分别存在 VD 不足和 VDD，患者每日从食物中摄取的 VD 远低于推荐摄入量，每年 10 月至次年 3 月 VDD 的发生率最高，说明摄入不足和光照不足均可能是导致 VDD 的重要原因[22]。Wingfield 等[23]对来自秘鲁一贫民区的 852 例 TB 患者进行了为期 4 年的动态分析，结果发现 57%（485/852）的 TB 患者存在 VDD，女性 VDD 的发生风险相较男性增加 2 倍，冬季 VDD 风险增加 1.4 倍。Balcells 等[24]在智利圣地亚哥开展了一项为期 2 年的前瞻性研究，共纳入新发肺 TB 患者 107 例及其家庭接触者 144 人，结果发现超过 77% 的 TB 患者和 62.6% 的家庭接触者存在 VDD，家庭接触者 VDD 发生率与冬春季（太阳辐射暴露最低）的采样率密切相关。Thejaswi 等[17]的研究也证实 VD 水平与日光暴露之间存在显著关联。虽然皮肤接受紫外线照射生成 VD 是机体主要的 VD 来源，但有病例对照研究结果显示，即使在一年四季阳光充足的埃塞俄比亚，82.3%（79/96）的 TB 患者和 79.9%（155/194）的非 TB 人群存在 VDD，研究者认为除日照暴露外，文化特征、种族、肤色或饮食习惯等因素都可能影响体内 VD 水

平[25]。近期有研究显示，耐药TB组和药物敏感TB组的血清25(OH)D水平均低于健康对照组，相关性分析显示VDD与VD饮食摄入量和日晒指数均呈正相关，但饮食摄入不足可能比日晒指数更重要[26]。

较早的研究显示，在种族和社会背景相似、VD摄入与日照水平相当的情况下，TB患者的VDD发生率显著高于健康对照组（64% vs 31%），提示可能存在其他导致TB患者易发生VDD的因素[27]。抗TB药物治疗也被认为会对VD水平产生影响。韩国一项针对116例TB患者的研究显示，在抗TB治疗期间，患者血清25(OH)D水平呈持续下降趋势，治疗1个月时从基线13.9 ng/mL降至12.5 ng/mL，治疗结束时进一步降至11.0 ng/mL[28]。Naik等[29]对44例新诊断TB患者的研究发现，经6个月直接督导短程化疗后，患者血清平均VD水平从20.74 ng/mL降至17.49 ng/mL。吕德良等[30]同样观察到，抗TB治疗前、强化期末和疗程末，VDD比例分别为79.0%（79/100）、94.0%（94/100）和96.0%（96/100），且强化期下降幅度大于继续期，提示一线抗TB药物可能是导致VD水平降低的因素之一。现有研究指出，异烟肼和利福平可能是引起TB患者VD水平下降的主要药物。早在1981年就有报道显示，每天300 mg异烟肼治疗14 d后，VD水平下降47%，并在整个治疗过程中持续降低，可能与异烟肼抑制肝脏25-羟化酶和肾脏1α-羟化酶表达，进而减少相关VD代谢物有关[31]。进一步研究表明，每天服用600 mg利福平和300 mg异烟肼，连续服用14 d后，患者25(OH)D和1α,25-二羟基维生素D［1 α, 25-dihydroxy vitamin D，$1,25(OH)_2D$］水平分别下降34%和23%[32]。利福平作为孕烷X受体激动剂，可诱导肝细胞色素P450 3A4活性，影响VD的分解代谢，并限制活性$1,25(OH)_2D$的形成，从而增加清除率，加速VD的消耗损失[32]。

然而，也有研究显示抗TB治疗过程中，TB患者的VD水平变化并不大，甚至上升。早期有研究报道，在异烟肼和利福平治疗前、治疗期间及治疗9个月后，TB的患者$1,25(OH)_2D$或25(OH)D水平均未出现明显变化[33]。Huang等[20]的meta分析显示，虽然TB患者的VD水平明显低于对照组，VDD与TB发生风险增加相关，但活动性TB与潜伏性TB感染者之间VD水平降低的趋势未达到统计学意义，且在分析研究抗TB治疗是否影响接受治疗的TB患者VD水平时，共纳入两类研究（包括224例和391例分别接受1～4个月和全程抗TB治疗的TB患者），结果提示两类抗TB治疗方案均不影响接受治疗的TB患者的VD水平，上述结果表明VDD更可能是TB发生的风险因素而非其结果。Agarwal等[34]也发现，73.67%的骨关节TB患儿在接受多药抗TB治疗前已存在VD水平较低的现象，而在治疗后0～2个月、2～6个月或0～6个月的时间段内，VD水平差异均无统计学意义。

3　VDD与TB易感性的关系

目前众多研究显示，VDD可导致更高的TB易感性、更严重的临床症状及更高的痰涂片阳性率[16]，并在一定程度上影响TB的治疗效果。VDD与TB关系的流行病学研究结果在不同国家有一定差异，现重点讨论VDD与TB易感性之间的关系。

Nnoaham和Clarke[9]的系统综述和meta分析发现，健康个体的血清VD水平高于活动性TB患者的概率达到70%，提示低血清VD水平与TB发病风险升高相关。Zeng等[35]通过meta分析整合现有证据（包含1 440例病例和2 558例对照）发现，当血清VD水平≤12.5 nmol/L和处于13～25 nmol/L范围时，TB发病风险均显著增加，而VD水平处于26～50 nmol/L和51～75 nmol/L范围时均未发现TB发病风险升高。Aibana等[36]在秘鲁利马开展了一项前瞻性队列研究（招募了6 751例HIV阴性TB患者家庭接触者）和meta分析（纳入7项研究，共3 544名参与者）。前瞻性队列研究结果显示，与VD充足者相比，基线VDD的接触者患TB风险的校正*OR*（adjusted odds ratio，*aOR*）为1.63；meta分析结果显示*aOR*为1.48，严重VDD的*aOR*为2.05。在HIV阳性患者中，VDD导致TB风险增加2倍，与VD充足相比，严重VDD的*aOR*为4.28。结果表明，VD以剂量依赖的方式预测TB发病风险，且TB的发病风险在严重VDD的HIV阳性个体中最高。Stockdale等[37]对2015年在冈比亚开展的一项匹配病例对照研究储存样本进行了分析，结果显示与高TB暴露感染儿童相比，高暴露但未感染儿童的血清平均VD水平高出2.05 ng/mL。近期的一项调查研究也得出类似结

果，即VDD是导致TB感染的独立危险因素[17]。潜伏性TB感染是活动性TB的前兆，具有发展为TB的风险，对2011－2012年美国国家健康与营养调查（National Health and Nutrition Examination Survey，NHANES）数据分析显示，潜伏性TB感染患者的血清25(OH)D水平低于非潜伏性感染患者，其TB发病风险更高（aOR=2.27）[38]。

关于VD与TB相关性的研究结果仍有争议。如Cao等[39]的系统综述与meta分析（纳入2项病例对照研究和3项队列研究）结果显示，个体TB风险与高VD水平无关；队列研究的结果也表明，相对较高的VD水平不是TB的保护因素。更有意思的是，Cai等[21]探究中国汉族人群25(OH)D状态与TB关联的研究发现，病例组和对照组之间的血清VD水平无差异，但男性TB患者的血清VD水平呈现显著升高的趋势；高血清VD水平增加了中国汉族人群患TB的风险，可能是中国汉族人群TB的独立危险因素。Martinez等[40]通过对TB儿童平均7.2年的随访研究发现，婴儿早期VDD并不会增加TB的发病风险，且VD水平最低与最高的婴儿患TB的风险相近。

4　小结与展望

自19世纪起，鱼肝油、日照、光疗以及口服或注射VD等方式均被用于TB的治疗。然而随着研究的深入，所得结论并不一致，甚至完全相反。造成这种差异的原因可能涉及多个方面，包括不同研究所在国家与种族的差异、研究设计缺乏统一性、样本量不足、多种混杂因素（如饮食习惯、共病情况、日晒时长与季节变化、肤色差异、地理维度等）的干扰、研究人群的VD受体存在遗传多态性、VD的测量指标［$1,25(OH)_2D$、25(OH)D、$25(OH)D_3$等］不统一、VD的检测方法（如半自动固相萃取反相高效液相色谱法、同位素稀释液相色谱-串联质谱法、放射免疫分析法等）缺乏标准化、VDD的判断标准不一致等。尽管如此，多数研究仍表明TB患者普遍存在VDD，这与日照不足、饮食VD摄入减少以及抗TB药物影响有关。血清VD水平低可在一定程度上增加对TB的易感性，大量流行病学研究证实VDD与TB发病风险升高存在关联。未来研究需要在排除上述影响因素的基础上，开展更多的前瞻性研究和病例对照研究来阐明VD与TB的关系。鉴于VD在TB免疫反应中的重要作用，增加其摄入量或许是治疗TB的一种辅助手段。但目前有关VD辅助治疗效果的研究结果仍存在矛盾。国内的TB营养治疗专家共识亦指出，尚无充分证据表明补充微量营养素对TB患者有益，因此不建议盲目使用；若确实存在微量营养素摄入不足或需求增加的情况，可摄入0.5～1.5倍推荐摄入量的复合微量元素膳食补充剂[41]。因此，未来有必要进一步探究VD在辅助治疗TB中的作用及机制，并关注VD最佳干预剂量、干预途径、干预时间、干预间隔时间、适用人群、不良反应等问题。

［参 考 文 献］

［1］ WHO. Global tuberculosis report 2023［EB/OL］. (2023-11-07)［2024-04-01］. *https://www.who.int/publications/i/item/9789240083851.*

［2］ WHO. Global tuberculosis report 2017［EB/OL］. (2017-01-01)［2024-04-01］. *https://www.who.int/publications/i/item/9789241565516.*

［3］ SI Z L, KANG L L, SHEN X B, et al. Adjuvant efficacy of nutrition support during pulmonary tuberculosis treating course: systematic review and meta-analysis［J］. Chin Med J (Engl), 2015, 128(23): 3219-3230. DOI: 10.4103/0366-6999.170255.

［4］ KANT S, GUPTA H, AHLUWALIA S. Significance of nutrition in pulmonary tuberculosis［J］. Crit Rev Food Sci Nutr, 2015, 55(7): 955-963. DOI: 10.1080/10408398.2012.679500.

［5］ SHAJI B, ARUN THOMAS E T, SASIDHARAN P K. Tuberculosis control in India: refocus on nutrition［J］. Indian J Tuberc, 2019, 66(1): 26-29. DOI: 10.1016/j.ijtb.2018.10.001.

［6］ MARTINEAU A R, TIMMS P M, BOTHAMLEY G H, et al. High-dose vitamin D_3 during intensive-phase antimicrobial treatment of pulmonary tuberculosis: a double-blind randomised controlled trial［J］. Lancet, 2011, 377(9761): 242-250. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)61889-2.

［7］ LIU P T, STENGER S, LI H, et al. Toll-like receptor triggering of a vitamin D-mediated human antimicrobial response［J］. Science, 2006, 311(5768): 1770-1773. DOI: 10.1126/science.1123933.

［8］ PALACIOS C, GONZALEZ L. Is vitamin D deficiency a major global public health problem?［J］. J Steroid Biochem Mol Biol, 2014, 144(Pt A): 138-145. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2013.11.003.

［9］ NNOAHAM K E, CLARKE A. Low serum vitamin D levels and tuberculosis: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Epidemiol, 2008, 37(1): 113-119. DOI: 10.1093/ije/dym247.

[10] WEJSE C, GOMES V F, RABNA P, et al. Vitamin D as supplementary treatment for tuberculosis: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2009, 179(9): 843-850. DOI: 10.1164/rccm.200804-567OC.

[11] HOLICK M F. Vitamin D deficiency[J]. N Engl J Med, 2007, 357(3): 266-281. DOI: 10.1056/nejmra070553.

[12] KEFLIE T S, NÖLLE N, LAMBERT C, et al. Vitamin D deficiencies among tuberculosis patients in Africa: a systematic review[J]. Nutrition, 2015, 31(10): 1204-1212. DOI: 10.1016/j.nut.2015.05.003.

[13] GOU X, PAN L, TANG F, et al. The association between vitamin D status and tuberculosis in children: a meta-analysis[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(35): e12179. DOI: 10.1097/MD.0000000000012179.

[14] KAFLE S, BASNET A K, KARKI K, et al. Association of vitamin D deficiency with pulmonary tuberculosis: a systematic review and meta-analysis[J]. Cureus, 2021, 13(9): e17883. DOI: 10.7759/cureus.17883.

[15] SARIN P, DUFFY J, MUGHAL Z, et al. Vitamin D and tuberculosis: review and association in three rural provinces of Afghanistan[J]. Int J Tuberc Lung Dis, 2016, 20(3): 383-388. DOI: 10.5588/ijtld.15.0303.

[16] JAIMNI V, SHASTY B A, MADHYASTHA S P, et al. Association of vitamin D deficiency and newly diagnosed pulmonary tuberculosis[J]. Pulm Med, 2021, 2021: 5285841. DOI: 10.1155/2021/5285841.

[17] THEJASWI S G, KOIRALA P, PRADHAN U, et al. Severe vitamin D deficiency as a risk factor in newly diagnosed tuberculosis patients: comparative study on inhabitants of high altitude region[J]. Int J Prev Med, 2023, 14: 106. DOI: 10.4103/ijpvm.ijpvm_180_22.

[18] AGEERU K, MENDU S B, AVINASH S, et al. Serum vitamin D levels in pediatric tuberculosis patients in a tertiary care center in India: a case-control study[J]. Cureus, 2023, 15(6): e39937. DOI: 10.7759/cureus.39937.

[19] 丁雷，韩成美，柳梅，等. 活动性肺结核患者miRNA和25(OH)D_3与lncRNA水平[J]. 中华医院感染学杂志，2023，33(21)：3234-3238. DOI: 10.11816/cn.ni.2023-230445.

[20] HUANG S J, WANG X H, LIU Z D, et al. Vitamin D deficiency and the risk of tuberculosis: a meta-analysis[J]. Drug Des Devel Ther, 2016, 11: 91-102. DOI: 10.2147/DDDT.S79870.

[21] CAI L, HOU S, HUANG Y, et al. The potential role of vitamin D in the development of tuberculosis in Chinese Han population: one case-control study[J]. Front Med (Lausanne), 2022, 9: 849651. DOI: 10.3389/fmed.2022.849651.

[22] DESAI N S, TUKVADZE N, FREDIANI J K, et al. Effects of sunlight and diet on vitamin D status of pulmonary tuberculosis patients in Tbilisi, Georgia[J]. Nutrition, 2012, 28(4): 362-366. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.012.

[23] WINGFIELD T, SCHUMACHER S G, SANDHU G, et al. The seasonality of tuberculosis, sunlight, vitamin D, and household crowding[J]. J Infect Dis, 2014, 210(5): 774-783. DOI: 10.1093/infdis/jiu121.

[24] BALCELLS M E, GARCÍA P, TIZNADO C, et al. Association of vitamin D deficiency, season of the year, and latent tuberculosis infection among household contacts[J]. PLoS One, 2017, 12(4): e0175400. DOI: 10.1371/journal.pone.0175400.

[25] TESSEMA B, MOGES F, HABTE D, et al. Vitamin D deficiency among smear positive pulmonary tuberculosis patients and their tuberculosis negative household contacts in Northwest Ethiopia: a case-control study[J]. Ann Clin Microbiol Antimicrob, 2017, 16(1): 36. DOI: 10.1186/s12941-017-0211-3.

[26] RATHORED J, SHARMA S K, CHAUHAN A, et al. Low serum vitamin D in North Indian multi-drug resistant pulmonary tuberculosis patients: the role of diet and sunlight[J]. Ann Med, 2023, 55(2): 2291554. DOI: 10.1080/07853890.2023.2291554.

[27] SITA-LUMSDEN A, LAPTHORN G, SWAMINATHAN R, et al. Reactivation of tuberculosis and vitamin D deficiency: the contribution of diet and exposure to sunlight[J]. Thorax, 2007, 62(11): 1003-1007. DOI: 10.1136/thx.2006.070060.

[28] KOO H K, LEE J S, JEONG Y J, et al. Vitamin D deficiency and changes in serum vitamin D levels with treatment among tuberculosis patients in South Korea[J]. Respirology, 2012, 17(5): 808-813. DOI: 10.1111/j.1440-1843.2012.02172.x.

[29] NAIK A L, RAJAN M G, MANJREKAR P A, et al. Effect of DOTS treatment on vitamin D levels in pulmonary tuberculosis[J]. J Clin Diagn Res, 2017, 11(4): BC18-BC22. DOI: 10.7860/JCDR/2017/24501.9759.

[30] 吕德良，谭卫国，徐健，等. 一线抗结核药物治疗对肺结核患者维生素D水平的影响[J]. 中华临床营养杂志，2019，27(2)：90-95. DOI: 10.3760/cm a.j.issn.l674-635X.2019.02.005.

[31] BRODIE M J, BOOBIS A R, HILLYARD C J, et al. Effect of isoniazid on vitamin D metabolism and hepatic monooxygenase activity[J]. Clin Pharmacol Ther, 1981, 30(3): 363-367. DOI: 10.1038/clpt.1981.173.

[32] BRODIE M J, BOOBIS A R, HILLYARD C J, et al.

Effect of rifampicin and isoniazid on vitamin D metabolism[J]. Clin Pharmacol Ther, 1982, 32(4): 525-530. DOI: 10.1038/clpt.1982.197.
[33] WILLIAMS S E, WARDMAN A G, TAYLOR G A, et al. Long term study of the effect of rifampicin and isoniazid on vitamin D metabolism[J]. Tubercle, 1985, 66(1): 49-54. DOI: 10.1016/0041-3879(85)90053-4.
[34] AGARWAL A, DABLA P K, MISHRA M, et al. Vitamin D levels among pediatric tuberculosis patients—does it alter following antitubercular treatment? A prospective study in 19 children[J]. J Clin Orthop Trauma, 2017, 8(1): 31-33. DOI: 10.1016/j.jcot.2016.04.004.
[35] ZENG J, WU G, YANG W, et al. A serum vitamin D level ＜25 nmol/L pose high tuberculosis risk: a meta-analysis[J]. PLoS One, 2015, 10(5): e0126014. DOI: 10.1371/journal.pone.0126014.
[36] AIBANA O, HUANG C C, ABOUD S, et al. Vitamin D status and risk of incident tuberculosis disease: a nested case-control study, systematic review, and individual-participant data meta-analysis[J]. PLoS Med, 2019, 16(9): e1002907. DOI: 10.1371/journal.pmed.1002907.
[37] STOCKDALE L, SAMBOU B, SISSOKO M, et al. Vitamin D in Gambian children with discordant tuberculosis (TB) infection status despite matched TB exposure: a case control study[J]. Eur J Pediatr, 2022, 181(3): 1263-1267. DOI: 10.1007/s00431-021-04272-z.
[38] WANG C Y, HU Y L, WANG Y H, et al. Association between vitamin D and latent tuberculosis infection in the United States: NHANES, 2011-2012[J]. Infect Drug Resist, 2019, 12: 2251-2257. DOI: 10.2147/IDR.S213845.
[39] CAO Y, WANG X, LIU P, et al. Vitamin D and the risk of latent tuberculosis infection: a systematic review and meta-analysis[J]. BMC Pulm Med, 2022, 22(1): 39. DOI: 10.1186/s12890-022-01830-5.
[40] MARTINEZ L, NCAYIYANA J R, GODDARD E, et al. Vitamin D concentrations in infancy and the risk of tuberculosis disease in childhood: a prospective birth cohort in cape town, South Africa[J]. Clin Infect Dis, 2022, 74(11): 2036-2043. DOI: 10.1093/cid/ciab735.
[41] 中华医学会结核病学分会重症专业委员会. 结核病营养治疗专家共识[J]. 中华结核和呼吸杂志，2020，43(1)：17-26. DOI: 10.3760/rma.j.issn.1001-0939.2020.01.006.

［本文编辑］　商素芳