

- scan cmos camera[J]. Appl Opt, 2025, 64 (17): 4934-4940.
- [15] ORTIZ-SELLER A, MARTORELL P, BARRANCO H, et al. Comparison of different agents and doses of anti-vascular endothelial growth factors (aflibercept, bevacizumab, conbercept, ranibizumab) versus laser for retinopathy of prematurity: a network meta-analysis[J]. Surv Ophthalmol, 2024, 69(4): 585-605.
- [16] SHAO Z, LI S, YU X, et al. Intravitreal conbercept for idiopathic choroidal neovascularization in nursing women[J]. Breastfeed Med, 2021, 16(11): 915-918.
- [17] LIU H, MA Y, XU H C, et al. Updates on the management of ocular vasculopathies with vegf inhibitor conbercept[J]. Curr Eye Res, 2020, 45(12): 1467-1476.
- [18] LIU K, WANG H, HE W, et al. Intravitreal conbercept for diabetic macular oedema: 2-year results from a randomised controlled trial and open-label extension study[J]. Br J Ophthalmol, 2022, 106(10): 1436-1443.
- [19] MUDALIAR S, HUPFELD C, CHAO D L. SglT2 inhibitor-induced low-grade ketonemia ameliorates retinal hypoxia in diabetic retinopathy-a novel hypothesis[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2021, 106(5): 1235-1244.
- [20] 崔福玲, 孟令强, 王静, 等. 视网膜色素变性患者 RP1 基因突变位点与临床表型相关性初探[J]. 国际检验医学杂志, 2022, 43(2): 234-238.
- [21] LYKKE L, ERNST C, BEK T. The vasoactive effects of bradykinin, vasoactive intestinal peptide, calcitonin gene-related peptide and neuropeptide y depend on the perivascular tissue in porcine retinal arterioles in vitro[J]. Acta Ophthalmol, 2024, 102(3): 349-356.
- [22] LIU Y, GUO J, TANG W, et al. Two-year outcomes of intravitreal conbercept therapy for polypoidal choroidal vasculopathy[J]. BMC Ophthalmol, 2024, 24 (1): 441-441.
- [23] ZHAN H Q, ZHOU J L, ZHANG J, et al. Conbercept combined with laser photocoagulation in the treatment of diabetic macular edema and its influence on intraocular cytokines[J]. World J Diabetes, 2023, 14(8): 1271-1279.
- [24] CHEN G H, TZEKOV R, MAO S H, et al. Intravitreal conbercept as an adjuvant in vitrectomy for proliferative diabetic retinopathy: a meta-analysis of randomised controlled trials[J]. Eye (Lond), 2022, 36(3): 619-626.

(收稿日期: 2025-08-02 修回日期: 2025-11-28)

• 短篇论著 •

基于 LC-MS/MS 法建立福州地区健康成人血清 25-羟基维生素 D 的参考区间*

余罗莉^{1,2}, 陈添彬^{1,2}, 刘 灿^{1,2,3,4}, 杨 滨^{1,2,3,4}, 吴文楠^{1,2,△}

1. 福建医科大学附属第一医院检验科, 福建福州 350005; 2. 福建医科大学附属第一医院滨海院区国家区域医疗中心检验科, 福建福州 350212; 3. 福建省检验医学重点实验室, 福建福州 350005; 4. 福建医科大学基因诊断研究中心, 福建福州 350005

摘要:目的 旨在通过液相色谱串联质谱(LC-MS/MS)法在福州地区建立血清 25-羟基维生素 D[25(OH)D]参考区间。方法 该研究以 2024 年 6-12 月在福建医科大学附属第一医院进行健康体检的成年人群为研究对象, 共纳入 1 291 例受试者。研究数据根据年龄和性别进行分层, 采用 LC-MS/MS 法测定血清 25(OH)D 水平, 并建立其参考区间。结果 随着年龄增长, 血清 25(OH)D 水平呈现增高趋势。在青年组和中年组中, 男性和女性的 25(OH)D 水平比较, 差异具有统计学意义($t=0.465, P<0.001$; $t=0.465, P<0.001$); 而在老年组中, 男性和女性的 25(OH)D 水平比较, 差异无统计学意义($P>0.05$)。本研究采用 $M(P_{2.5} \sim P_{97.5})$ 分别建立青年组、中年组和老年组的血清 25(OH)D 参考区间: 青年男性为 12.21~43.26 ng/mL, 青年女性为 9.85~40.76 ng/mL; 中年男性为 13.43~44.14 ng/mL, 中年女性为 13.53~41.18 ng/mL; 老年人为 14.88~44.00 ng/mL。经验证, 该研究建立的参考区间符合相关要求。结论 初步建立福州地区健康成人 25(OH)D 的参考区间, 为临床疾病诊疗和健康管理提供参考依据。

关键词: 25-羟基维生素 D; 参考区间; 液相色谱串联质谱法

DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2026.07.021

中图法分类号: R446.11; O657.63

文章编号: 1673-4130(2026)07-0887-05

文献标志码: A

维生素 D 是一种脂溶性维生素, 主要循环形式为 25-羟基维生素 D[25(OH)D], 其血清水平常被用于

评估机体维生素 D 营养状态。有研究表明, 维生素 D 的缺乏及代谢异常与多种慢性疾病密切相关, 包括癌

* 基金项目: 福建省自然科学基金项目(2023J01607)。

△ 通信作者, E-mail: Wuwennan2009@163.com。

症、糖尿病、高血压、心血管疾病、多发性硬化症、认知障碍及心理疾病^[1]。临床中,检测 25(OH)D 的方法主要包括放射免疫法、酶联免疫法、电化学发光免疫法以及液相色谱串联质谱(LC-MS/MS)法^[2]。其中,LC-MS/MS 技术因其对多种维生素 D 定量分析的高精度和高可靠性,被认为是测量 25(OH)D“状态”的最佳方法^[3]。然而,目前国内外关于 25(OH)D 定量分析的通用参考区间存在较大差异,且通常未充分考虑性别和年龄因素,导致其普适性不足。为此,本研究拟基于福州地区健康人群开展研究,旨在建立不同年龄、性别背景下的健康人群血清 25(OH)D 参考区间,以为临床诊断和健康管理提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2024 年 6—12 月在福建医科大学附属第一医院体检的 1 291 例健康人群作为研究对象,均为在福州长乐地区体检健康人群,年龄 ≥ 18 岁,其中男 565 例,女 726 例。经 Dixon 法进行离群值清除,共排除 16 例异常值,本研究最终纳入分析的合格样本量为 1 275 例。受试者中男 559 例(43.9%),女 716 例(56.1%)。受试者年龄 33~54 岁,中位年龄为 43 岁,其中男 34~55 岁,中位年龄为 44 岁,女 33~54 岁,中位年龄为 42 岁。按照年龄进行分组,青年组 671 例、中年组 426、老年组 178 例。本研究严格依照中华人民共和国卫生行业标准 WS/T-402-2024《临床实验室定量检验项目参考区间的制定》^[4]进行,纳入标准包括:(1)无重大器质性疾病及慢性疾病;(2)日常膳食均衡,生活史健康(无吸烟,饮酒,妊娠等特殊状况);(3)近 6 个月未服用维生素 D 补充剂;(4)无重大手术史;(5)体格检查正常,体重指数(BMI)在正常范围内。研究对象的年龄分组参照世界卫生组织标准执行^[5]:18~<45 岁为青年人群,<60 岁为中年人群, ≥ 60 岁为老年人群。所有研究对象或其监护人对检测知情同意,该研究经医院伦理委员会审批通过(审批号:闽医大附一伦理医技审[2015]084-2 号)。

1.2 仪器与试剂

1.2.1 仪器

AB SCIEX 4500MD 高效液相色谱质谱联用仪、高速冷冻离心机、涡旋混合仪、移液枪、MilliQ 超纯水机等。

1.2.2 试剂

标准品、质控品、混合内标溶液均购自浙江迪赛思诊断技术有限公司、流动相试剂:甲醇、甲酸、异丙醇购自美国 Thermo Fisher 公司。

1.3 检测方法

1.3.1 色谱条件

色谱柱为凯莱谱苯基柱(2.1 mm \times 50.0 mm,2.5 μ m),柱温为 40 $^{\circ}$ C,流动相 A 为 0.1% 甲酸水溶液,流动相 B 为添加 0.1% 甲酸的甲醇异丙醇(470/30; v/v) 溶液,流速为 0.7 mL/min,进样量为 10 μ L,用流动相 A 和 B 进行梯度

洗脱,洗脱程序见表 1。

表 1 流动相梯度洗脱程序

时间(min)	流速(mL/min)	A 相(%)	B 相(%)	梯度
1	0.7	60	40	0
2	0.7	20	80	0
3	0.7	7	93	0
4.1	0.7	0	100	0
4.9	0.7	0	100	0
5	0.7	60	40	0
5.7	0.7	60	40	0

1.3.2 质谱条件

电喷雾离子源,正离子模式,选择多离子反应监测模式,检测的离子对和质谱条件见表 2。

表 2 质谱条件设置

项目	母离子	子离子	DP(V)	CE(V)	Dwell time(msec)
25-OHD ₂	395.3	209.2	65	27	35
25-OHD ₂ -d3	398.3	212.2	65	37	30
25-OHD ₃	383.3	257.2	65	23	35
25-OHD ₃ -d6	389.3	263.2	65	23	35

注:DP 指去簇电压,CE 指碰撞能量,Dwell time 指驻留时间。

1.4 样本采集及检测

按照 WS/T 402-2024^[4]、WS/T 225-2024^[6] 和 WS/T 661-2020^[7] 等行业标准的要求,本研究采集研究对象清晨空腹静脉血 5 mL,均为坐位采血,血清样本静置 30 min 后立即送检,室温下将样本 3 000 r/min 离心 10 min,并收集血清于一 80 $^{\circ}$ C 保存于采样后 2~3 d 内统一检测,排除溶血、脂血等不合格样本。

标准品和质控品配制:在室温下精确量取 180 μ L 超纯水到标准曲线和质控品试剂瓶中,漩涡混匀 5 min 至冻干粉完全溶解后备用。

前处理:取 50 μ L 待测标准品、质控品和样本,加入 250 μ L 混合内标液进行蛋白沉淀,涡旋 10 min,然后再高速离心机中 14 000 r/min 离心 10 min,取上层清液 150 μ L 进行检测。每次检测均进行定标和室内质控,质控结果均在控。采用内标法进行定量,总 25(OH)D 水平计算方式为样本中 25(OH)D₃ 和 25(OH)D₂ 相加之和。

1.5 统计学处理

采用 SPSS23.0 统计学软件进行数据分析。使用 Dixon 法进行离群值剔除,用 Kolmogorov-Smirnov test 进行正态性检验,正态分布的计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示;非正态分布的计量数据以 $M(P_{25} \sim P_{75})$ 表示。组间数据比较,若数据服从正态分布则用 t 检验,若不服从正态分布则用秩和检验,计数资料采用频数或百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 不同年龄、性别血清维生素 D 水平比较 比较不同年龄组 25(OH)D 血清水平, K-S 正态分布检验显示 25(OH)D 符合正态分布 ($P=0.20$), 方差齐性检验方差不齐, 因此组间两两比较采用非参数检验 Kruskal-Wallis test。随着年龄增长, 25(OH)D 呈增高趋势, 各组间 25(OH)D 的差异有统计学意义 ($P<0.05$)。见表 3。

表 3 各年龄组维生素 D 水平 ($\bar{x}\pm s$)

组别	n	25(OH)D(ng/mL)	P
青年组	671	23.89±7.96	<0.000 1
中年组	426	27.74±7.86	
老年组	178	29.50±7.27	

注: $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

年龄组与 25(OH)D 水平的相关性比较, 年龄与 25(OH)D 水平呈正相关, 见图 1。此外, 本文对各组人群进行性别划分, 发现各年龄组内性别分布比较, 差异无统计学意义 ($\chi^2=0.465, P=0.799$)。见图 2。发现青年组和中年组内男性和女性 25(OH)D 水平比较, 差异有统计学意义 ($t=3.31, P<0.001; t=2.12, P<0.001$), 在老年组中, 血清 25(OH)D 水平在男性和女性之间比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 因此, 本研究没有对老年组参考区间进行性别划分。

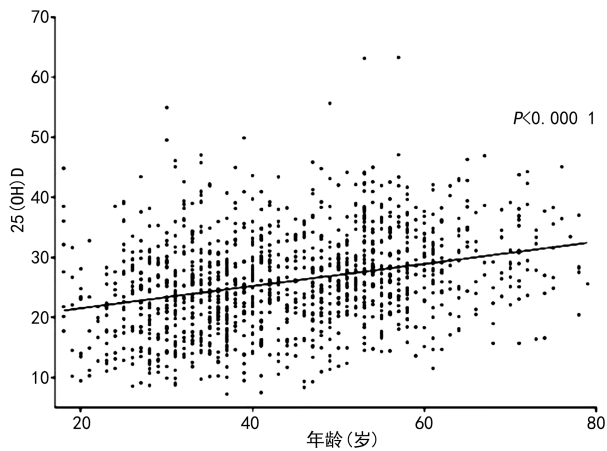
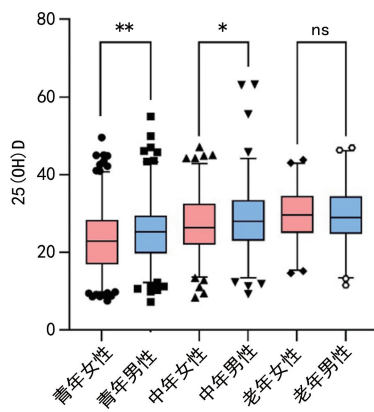


图 1 年龄分布与血清 25(OH)D 水平关系

2.2 参考区间建立 本研究数据呈非正态分布, 因

此, 以非参数法 ($P_{2.5} \sim P_{97.5}$) 分别建立青年组、中年组和老年组健康成人血清 25(OH)D 的参考范围, 其中青年组和中年组作性别划分, 以 2.5% 和 97.5% 百分位数为参考下限和参考上限。本研究建立的血清 25(OH)D 参考区间与 WS/T 677-2020^[8] 通用参考区间 (20.00~50.00 ng/mL) 存在差异, 而本研究中血清 25(OH)D 参考区间如下: 青年男性 (12.21~43.26 ng/mL); 青年女性 (9.85~40.76 ng/mL); 中年男性 (13.43~44.14 ng/mL); 中年女性 (13.53~41.18 ng/mL); 老年人 (14.88~44.00 ng/mL)。



注: ** $P<0.001$, * $P<0.05$, ns 表示差异无统计学意义; 青年女性 $n=389$, 青年男性 $n=282, t=3.31, P<0.001$; 中年女性 $n=232$, 中年男性 $n=194, t=2.12, P=0.035$; 老年女性 $n=95$, 老年男性 $n=83, t=0.02, P=0.983$ 。

图 2 不同年龄组中男、女性血清维生素 D 参考区间

2.3 参考区间验证 本实验室操作程序采集、处理、检测样本均在检测系统满足相关条件情况下进行, 按照参考区间建立的流程, 随机选取 2025 年 1—2 月在福建医科大学附属第一医院检验科进行体检的不同年龄组、不同性别的健康成年人各 20 例, 检测其血清 25(OH)D 水平。本研究严格按照《临床实验室定量检验项目参考区间的制定》中关于参考区间验证的评估与验证的规定, 验证标准设定为: 在参考区间之外的验证数据不超过 10% 为通过验证^[4]。结果显示, 所有纳入样本的 25(OH)D 水平超过参考区间的个数均符合验证标准 (未超过 10%), 验证结果通过。见表 4。

表 4 参考区间验证

年龄组	性别	n	最小值	最大值	参考区间	超过参考区间数据个数	在参考区间之外的验证数据 (%)
青年组	男	20	11.44	26.34	12.21~43.26	1	5
	女	20	11.65	34.15	9.85~40.76	0	0
中年组	男	20	17.87	35.99	13.43~44.14	0	0
	女	20	14.41	36.35	13.53~41.18	0	0
老年组	—	20	11.48	39.30	14.88~44.00	1	5

注: — 表示老年组未区分性别。

3 讨 论

维生素 D 作为人体必需的营养素,在调节钙磷平衡、促进骨骼发育方面具有关键作用,同时也参与免疫调节、心血管功能、葡萄糖代谢以及细胞增殖与分化等多系统功能^[9]。25(OH)D 因其在体内的较长半衰期特性,被广泛认为是评估维生素 D 营养状态的重要指标^[10]。由于不同地区光照时长及居民生活习惯的差异,维生素 D 在个体之间的营养状态存在显著差异^[11-13]。因此,基于特定地区特征的 25(OH)D 参考区间建立研究具有重要的临床应用价值。

本研究结果显示,血清 25(OH)D 水平与年龄增长呈正相关,此发现与 LIN 等^[14]的研究结果一致,共同揭示了 25(OH)D 的年龄特异性变化规律。进一步分析表明,福州地区老年人群的 25(OH)D 水平升高的现象可能与以下多因素协同作用有关:首先,本地区老年人群普遍保持规律性的户外日照暴露行为模式,且该群体光防护措施使用率(防晒霜等)显著低于青年人群;其次,维生素 D 代谢通路的年龄相关代偿机制可能发挥重要作用,当机体出现 1,25(OH)D₃ 抵抗现象时^[15],负反馈调节机制将促使 25-羟化酶活性增强,进而导致循环中 25(OH)D 的代偿性升高。这提示在评估老年人群维生素 D 状态时,需区分生理性代偿升高与病理性异常升高的临床意义差异。本研究建立的老年人血清 25(OH)D 参考值范围为 14.88~44.00 ng/mL,与魏霞等^[16]采用电化学发光免疫分析法建立的福州地区健康人群参考区间(12.30~44.87 ng/mL)具有较好的一致性,但与同类老年人群研究数据存在一定差异,推测这种同地域研究间的差异性可能与检测方法学的异质性有关。值得注意的是,本研究观察到福州老年人群血清 25(OH)D 水平(14.88~44.00 ng/mL)显著高于北京同年龄段参照数据(5.92~38.40 ng/mL)^[17],福州老年人群的 25(OH)D 水平呈现显著升高趋势。这一地域性差异特征在青年及中年群体中同样存在,本研究还显示福州地区这两个年龄段的血清 25(OH)D 水平均显著高于北京对应人群。结合地理纬度差异进行分析,纬度较高地区(如北京)日照时间较短、紫外线辐射强度较弱,可能影响皮肤中维生素 D 的合成效率^[18]。该结果与 BAI 等^[19]对中国 30 个省会城市 25(OH)D 水平进行的统计分析基本一致,其研究表明血清 25(OH)D 水平中位数整体呈现自南向北逐渐降低的趋势,但并未完全随纬度上升而单调递减。此外,南北方饮食结构差异也可能对维生素 D 水平产生影响。例如,有文献指出,大量食用肉制品的人群其维生素 D 水平相对较低^[20],而这一饮食模式更符合北方地区的习惯。同时, YANG 等^[21]也指出,地理分布差异是影响 25(OH)D 水平的重要因素之一。还需注意的是,经济发展水平较高地区的人群 25(OH)D

水平可能反而较低,而医疗资源充足地区则更有利于维生素 D 的及时补充。因此,在临床实践中建议综合考虑纬度、饮食结构、经济与医疗条件等多方面因素,以对维生素 D 状态作出更为全面和准确的评估。

研究数据表明,在 18~59 岁受试者中,血清 25(OH)D 水平存在显著的性别差异,男性检测值显著高于女性组。这一结论与张金玲等^[22]对锦州地区人群的研究结果一致,其数据显示男性血清 25(OH)D 的参考区间为(23.78±7.29) ng/mL,显著高于女性的(19.61±7.04) ng/mL,此外,在中国 30 个不同地区的人群研究中也观察到了类似的性别差异^[19]。这种性别差异可能与以下因素有关:首先,性激素调控差异方面,睾酮可通过激活成骨细胞雄激素受体信号通路直接促进骨钙素合成^[23-24],而雌激素则通过抑制 CYP2R1 酶活性降低 25-羟化效率^[25];其次,体脂分布方面,女性较高体脂率、导致维生素 D 脂溶性储存增加而生物可利用度降低^[26];此外,行为差异方面,男性的维生素 D 摄入量可能更高,阳光照射时间更长,女性更倾向于使用防晒霜和其他美白化妆品,这些化妆品已被证实会抑制皮肤中维生素 D₃ 的合成^[27],值得注意的是本研究中老年人群(≥60 岁)25(OH)D 水平在不同性别中差异无统计学意义($P=0.983$),这可能与绝经后女性雌激素水平骤降及老年男性睾酮水平降低所致的激素谱趋同化有关^[28-29],提示性激素在维生素 D 代谢调控中具有动态调节特征。因此,基于不同地区地域特征,制订不同人群的实验室参考区间具有重要的临床应用价值。

尽管本研究具备足够的样本量和系统的统计分析,但仍存在一定局限性。首先,参考区间的异质性分析未充分纳入潜在混杂变量,包括户外活动时间以及季节变化和肌肉含量等;其次,当前研究纳入样本仅考虑健康人群,未来研究可扩展至不同疾病患者群体,如慢性肾病、骨质疏松症及自身免疫性疾病等患者;此外,由于研究仅涉及单一地域,其结论可能缺乏跨地区的普适性同时,本研究未深入探讨 25(OH)D 水平随年龄动态变化的趋势。这局限,为后续研究提供了新的方向和思路。

综上所述,本研究通过建立针对不同年龄和性别人群的参考区间,为国内 25(OH)D 水平的评估提供了有益补充。该区间能够更精准地评估本地人群的维生素 D 营养状况,有助于避免临床实践中维生素 D 的过度补充或缺乏漏诊。本研究还发现,老年组的 25(OH)D 水平高于其他组别,这一结果与传统观念中“老年人更易缺乏维生素 D”的认知有所不同,提示公共卫生部门在制定维生素 D 补充策略时应采取差异化方针,尤其应加强对青年女性维生素 D 水平的关注。未来可进一步构建“维生素 D 个性化营养状态体系”,结合 25(OH)D 水平、健康状况及饮食生活习惯

等多种因素,为个体制定科学合理的维生素 D 补充方案。

参考文献

- [1] CHEN S H, CHEN S C, LAI Y P, et al. Factors associated with the serum 25-hydroxyvitamin D levels in adults [J]. *BMC Nutr*, 2025, 11(1): 132.
- [2] TRIPATHI A, ANSARI M, DANDEKAR P, et al. Analytical methods for 25-hydroxyvitamin D: advantages and limitations of the existing assays [J]. *J Nutr Biochem*, 2022, 109: 109123.
- [3] ZHOU W, GONG M, MAO Y, et al. Analytical performance evaluation and optimization of serum 25(OH)D LC-MS/MS measurement [J]. *Clin Chem Lab Med*, 2025, 63(7): 1354-1365.
- [4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 临床实验室定量检测项目参考区间的制定: WS/T 402-2024 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [5] BEARD J R, SI Y, LIU Z, et al. Intrinsic capacity: validation of a new WHO concept for healthy aging in a longitudinal Chinese study [J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2022, 77(1): 94-100.
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 临床化学检验血液标本的采集与处理: WS/T 225-2024 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [7] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 静脉血液标本采集指南: WS/T 661-2020 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 人群维生素 D 缺乏筛查方法: WS/T 677-2020 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [9] NAIK M, KAMATH U S, UPPANGALA S, et al. Vitamin D metabolites and analytical challenges [J]. *Anal Methods*, 2023, 15(4): 399-410.
- [10] CASTANO L, MADARIAGA L, GRAU G, et al. 25 (OH) Vitamin D deficiency and calcifediol treatment in pediatrics [J]. *Nutrients*, 2022, 14(9): 1854.
- [11] XU D, HU X, ZHANG R, et al. Effect of sunlight on vitamin D and hemoglobin levels among the residents of Ningbo, China [J]. *Nutr Hosp*, 2024, 41(4): 850-857.
- [12] FAN P, WANG Q, LI J, et al. Poor status of Vitamin D: a survey of area with lowest sunlight radiation in Sichuan, China [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2021, 12: 626983.
- [13] SANTANA K V S, RIBEIRO H, DARLING A, et al. Residential greenness, lifestyle, and vitamin D: a longitudinal cohort of south asian origin and caucasian ethnicity women living in the south of the UK [J]. *Nutrients*, 2024, 16(8): 1214.
- [14] LIN L, OU Q, LIN L, et al. Low prevalence of vitamin D deficiency in adult residents in Hainan, the tropical island province of China [J]. *Ann Palliat Med*, 2021, 10(5): 5580-5589.
- [15] AMARNATH S S, KUMAR V, BARIK S. Vitamin D and calcium and bioavailability of calcium in various calcium salts [J]. *Indian J Orthop*, 2023, 57(Suppl 1): 62-69.
- [16] 魏霞, 石安然, 黄望, 等. 福州地区健康人群血清 25 - 羟维生素 D 参考区间的建立 [J]. *深圳中西医结合杂志*, 2022, 32(18): 17-20.
- [17] 李敏, 孙江漫, 孟祥兆, 等. 北京地区健康成人 LC-MS/MS 法测定血浆 25-羟维生素 D 参考区间的建立 [J]. *国际检验医学杂志*, 2024, 45(2): 254-256.
- [18] KNUSCHKE P. Sun Exposure and Vitamin D [J]. *Curr Probl Dermatol*, 2021, 55: 296-315.
- [19] BAI K, DONG H, LIU L, et al. Serum 25-hydroxyvitamin D status of a large Chinese population from 30 provinces by LC-MS/MS measurement for consecutive 3 years: differences by age, sex, season and province [J]. *Eur J Nutr*, 2023, 62(3): 1503-1516.
- [20] GANJI V, SHI Z, AL-ABDI T, et al. Association between food intake patterns and serum vitamin D concentrations in US adults [J]. *Br J Nutr*, 2023, 129(5): 864-874.
- [21] YANG W, GE M, WANG Y, et al. Spatial distribution differences of 25-hydroxyvitamin D in healthy elderly people under the influence of geographical environmental factors [J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 12781.
- [22] 张金铃, 徐锦江. 锦州地区体检人群血清 25-羟维生素 D 水平与体质量指数, 血脂的相关性研究 [J]. *慢性病学杂志*, 2023, (12): 1766-1770.
- [23] DU Y, XIE B, WANG M, et al. Roles of sex hormones in mediating the causal effect of vitamin D on osteoporosis: a two-step Mendelian randomization study [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1159241.
- [24] SHIGEHARA K, IZUMI K, KADONO Y, et al. Testosterone and bone health in men: a narrative review [J]. *J Clin Med*, 2021, 10(3): 530.
- [25] GIUSTINA A, BILEZIKIAN J P, ADLER R A, et al. Consensus statement on Vitamin D status assessment and supplementation: whys, whens, and hows [J]. *Endocr Rev*, 2024, 45(5): 625-654.
- [26] COMINACINI M, FUMANERI A, BALLERINI L, et al. Unraveling the connection: visceral adipose tissue and Vitamin D levels in obesity [J]. *Nutrients*, 2023, 15(19).
- [27] 王丹晨, 尹逸丛, 禹松林, 等. 性别, 年龄和季节对血清 25-羟维生素 D 水平的影响 [J]. *基础医学与临床*, 2020, 40(2): 151-154.
- [28] SHARMA M, KALRA S. Vitamin D and menopause [J]. *J Pak Med Assoc*, 2024, 74(4): 815-817.
- [29] HU Y, WANG R, MAO D, et al. Vitamin D status and associated factors of older adults in the cross-sectional 2015-2017 survey [J]. *Nutrients*, 2023, 15(20): 4476.