

昆明地区 6462 例成年人群骨代谢生化指标状况及影响因素分析

邵文萍, 赵 滢, 李 昕, 唐睿珠

(昆明医科大学第一附属医院医学检验科/云南省检验医学重点实验室/
临床检验诊断省创新团队, 云南 昆明 650032)

[摘要] **目的** 探讨受试人群骨代谢生化指标与性别、年龄、季节的关系及骨代谢生化指标间影响关系。**方法** 回顾性分析 2021 年 1 月至 2024 年 4 月期间昆明医科大学第一附属医院体检中心 6462 例健康体检结果资料。收集所有受试对象的性别、年龄、25-羟基维生素 D(25-OH-VD)、降钙素(CT)、N-端骨钙素(N-MID)、 β -胶原降解产物(Beta-CrossLaps, β -CTX) 体检资料指标。根据骨代谢生化指标参考值范围、性别、年龄、季节进行分组, 应用 SPSS29.0 软件对数据进行总体水平分布统计, 比较组间骨代谢生化指标水平的差异性, 分析骨代谢生化指标水平相关性, 探讨骨代谢生化指标水平影响因素。**结果** 生化指标水平总体中位数 25-OH-VD 61.93(49.17, 77.12) nmol/L、CT1.43(.53, 3.01) pg/mL、N-MID16.0(12.8, 20.2) ng/mL、 β -CTX397.0(295.0, 527.0) pg/mL。不同性别、年龄和季节的血清骨代谢生化指标水平差异有统计学意义($P < 0.05$)。N-MID 与 β -CTX 呈显著正相关($r_s = 0.748$)。性别、年龄和季节对 25-OH-VD 和 N-MID 的影响差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 受试人群 25-OH-VD 水平总体中位数低于正常参考值范围, 维生素 D 水平普遍不足, 在低龄受试人群中更普遍, 提示补充维生素 D 可能是重要的公共卫生问题。CT、N-MID 和 β -CTX 水平总体中位数处于正常参考值范围, 表明在这些指标上受试群体健康状况较好。性别和年龄是 25-OH-VD、CT 和 N-MID 水平的显著影响因素; 季节是 25-OH-VD、N-MID 和 β -CTX 水平的显著影响因素。N-MID 与 β -CTX 可能存在密切的生物学联系。

[关键词] 骨代谢生化指标; 25-羟基维生素 D; 降钙素; N-端骨钙素; β -胶原降解产物

[中图分类号] R689.3; R589.2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-610X(2024)11-0130-07

The Analysis of Biochemical Indexes of Bone Metabolism and Influencing Factors in 6462 Adult Population in Kunming Area

SHAO Wenping, ZHAO Ying, LI Xin, TANG Ruizhu

(Dept. of Clinical Laboratory, The 1st Affiliated Hospital of Kunming Medical University/Yunnan Key Laboratory of Laboratory Medicine/ Yunnan Innovation Team of Clinical Laboratory and Diagnosis, The 1st Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming Yunnan 650032, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the relationship between the biochemical indexes of bone metabolism and gender, age and season in adult residents. **Methods** The data of 6462 cases of physical examination in the physical examination center of the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University from January 2021 to April 2024 were retrospectively analyzed. Gender, age, 25-hydroxyvitamin D(25-OH-VD), calcitonin (CT), n-terminal osteocalcin (N-MID), and β -collagen degradation products (Beta-CrossLaps, β -CTX) of all subjects were collected. The data were grouped according to the reference value range, gender, age and season of biochemical indicators of bone metabolism. SPSS29.0 software was used to conduct the overall level distribution

[收稿日期] 2024-08-22

[基金项目] 云南省临床检验诊断创新团队基金资助项目(202005AE160009)

[作者简介] 邵文萍(1965~), 女, 云南石屏人, 医学学士, 副主任技师, 主要从事临床生物化学检验工作。

[通信作者] 唐睿珠, E-mail: 1310775767@qq.com

statistics of the data, compare the differences in the level of biochemical indicators of bone metabolism between groups, analyze the correlation between the level of biochemical indicators of bone metabolism, and explore the influencing factors of biochemical indicators of bone metabolism. **Results** The overall median levels of biochemical indices were 25-OH-VD 61.93 (49.17, 77.12) nmol/L, CT1.43 (.53, 3.01) pg/mL, N-MID16.0 (12.8, 20.2) ng/mL, β -CTX397.0 (295.0, 527.0) pg/mL. N-MID was significantly positively correlated with β -CTX ($r_s = 0.748$). The effects of gender, age and season on 25-OH-VD and N-MID were statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion** The overall median 25-OH-VD levels in this study population are lower than the normal reference range, and vitamin D levels are generally insufficient and more common in the younger study population, suggesting that vitamin D supplementation may be an general public health issue. The overall median CT, N-MID and β -CTX levels are in the normal reference range, indicating that the population is in good health on these indicators. Gender and age are significant factors affecting 25-OH-VD, CT and N-MID levels. Age is a significant factor affecting 25-OH-VD and N-MID levels. Season is a significant factor affecting the levels of 25-OH-VD, N-MID and β -CTX. N-MID and β -CTX may have a close biological relationship.

[**Key words**] Biochemical indexes of bone metabolism; 25-hydroxyvitamin D; Calcitonin; N-terminal osteocalcin; β -collagen degradation products

随着年龄的增长,我国成年人群普遍面临着骨代谢功能下降的问题,骨质疏松、骨折等骨代谢疾病的发生率随之显著增加。这些疾病不仅严重威胁着个体的健康和生活质量,同时也给社会医疗资源带来了沉重负担。现代生活方式的转变,尤其是久坐不动、不良饮食习惯和日照不足等问题的普遍存在,都在不同程度上影响了骨代谢的平衡,增加了骨代谢相关疾病的风险。鉴于此,针对骨代谢疾病的研究显得尤为紧迫和重要。

目前,骨代谢研究在临床医学、生物化学、流行病学等多个学科领域内受到了广泛关注。研究者们通过检测血液中的骨代谢生化标志物,包括 25-羟基维生素 D、降钙素、N-端骨钙素、 β -胶原降解产物等,来评估个体的骨代谢状态,这对于早期发现和诊断骨代谢疾病具有极其重要的意义^[1]。此外,流行病学调查揭示了骨代谢疾病在不同地区和不同人群中的流行趋势及其地域性差异^[2]。在分子层面,研究人员正积极探索骨代谢的调控机制,涉及维生素 D 代谢途径、钙调节激素的作用机制等。这些研究成果正在逐步应用于临床实践,如通过早期筛查和干预策略来降低骨折风险,以及开发新型治疗药物。

本研究通过对昆明地区受试成年人群的骨代谢生化指标进行详细分析,并探究其影响因素,旨在深入理解该地区成年人群的骨代谢状况及其地域特点,为临床医生在诊断和治疗骨代谢疾病时提供更加精准的参考,以提升诊疗的针对性和有效性。同时,为我国制定和优化预防及控制骨代谢相关疾病的公共卫生政策提供数据支持和科

学依据,以期为提高人民群众的生活质量,减轻社会医疗负担。

1 资料与方法

1.1 受试对象

选取 2021 年 1 月至 2024 年 4 月期间昆明医科大学第一附属医院体检中心 18 岁以上成年居民健康体检数据作为受试对象,排除急慢性肝肾疾病、甲状旁腺机能亢进及减退、甲亢、甲减、急性感染、糖尿病患者后,共纳入受试对象 6 462 例。其中,男性 3 729 例,占总例数的 57.7%;女性 2 733 例,占总例数的 42.3%。本研究为回顾性数据分析,不涉及个人信息及隐私的获取。

1.2 数据采集

所有收集数据均为受试对象晨起空腹静脉血样,采用电化学发光法(罗氏 Cobas 6000 系列, e601)测定静脉血样骨代谢生化指标 25-羟基维生素 D(25-OH-VD)、降钙素(CT)、N-端骨钙素(N-MID)、 β -胶原降解产物(β -CTX)。

1.3 骨代谢生化指标参考值

血清 25-OH-VD 参考值范围以国际骨质疏松基金会建议为参考标准^[3]:正常值参考值范围 $75 \leq 25\text{-OH-VD} < 250$ nmol/L,不足值参考值范围 $50 \leq 25\text{-OH-VD} < 75$ nmol/L,缺乏值参考值范围 $25\text{-OH-VD} < 50$ nmol/L。血清 CT 以罗氏降钙素检测试剂盒(电化学发光法)说明书为参考标准:正常值参考值范围:男性 $CT < 9.52$ pg/mL,女性 $CT < 6.40$ pg/mL。血清 N-MID 和 β -CTX 以《中华人

民共和国卫生部骨代谢标志物临床应用指南(WS/T357-2011)》为参考标准^[4], N-MID 正常值参考值范围: 男性 6.00 ~ 24.66 ng/mL、女性绝经前 4.11 ~ 21.87 ng/mL、女性绝经后 8.87 ~ 29.05 ng/mL; 血清 β -CTX 正常值参考值范围: 男性 43.0 ~ 783.0 pg/mL、女性绝经前 68.0 ~ 680.0 pg/mL、女性绝经后 131.0 ~ 900.0 pg/mL。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 29.0 软件进行统计学分析。计数资料以例 n 表示, 以百分比(%)进行描述。符合正态分布的变量采用均值 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 2 组间比较时采用 t 检验、多组间比较采用单因素方差分析和 LSD 检验; 不符合正态分布的变量采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 2 组间比较使用 Mann-Whitney U 秩和检验, 多组间比较采用 Kruskal-Wallis H 秩和检验。相关性分析采用 Spearman 相关分析, 形成相关系数矩阵。影响因素分析采用多分类 Logistic 回归分析, 采用 $P < 0.05$ 作为显著性水平来评估自变量对因变量的影响。检验水准为 $\alpha = 0.05$ (双侧), $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 血清骨代谢生化指标水平总体分布情况

血清骨代谢生化指标 25-OH-VD 正常组 1 807 例, 占总例数的 28%; 不足组 2 932 例, 占 45.4%; 缺乏组 1 723 例, 占 26.6%; 总体中位数 61.93 nmol/L, 处于不足组参考值范围。CT 正常组 6 246 例, 占总人数的 96.7%; 异常组 216 例, 占 3.3%。N-MID 正常组 5 750 例, 占总人数的 89%; 异常组 712 例(11%)。 β -CTX 正常组 6 139 例, 占总人数的 95%; 异常组 323 例(5%), 见表 1。

2.2 不同性别血清骨代谢生化指标水平状况

25-OH-VD、CT、N-MID 和 β -CTX 的中位数水平, 女性均显著低于男性, 不同性别血清骨代谢生化指标水平差异有统计学意义($P < 0.05$),

表 1 血清骨代谢生化指标水平分布情况

Tab. 1 Distribution of biochemical indexes of serum bone metabolism

变量	分组	n (%)	$M(P_{25}, P_{75})$
25-OH-VD (nmol/L)	正常组	1807(28.0)	87.40(80.35, 99.75)
	不足组	2932(45.4)	61.67(56.15, 67.70)
	缺乏组	1723(26.6)	42.02(36.92, 46.10)
	总计	6462(100.0)	61.93(49.17, 77.12)
CT (pg/mL)	正常组	6335(98.0)	1.38(0.52, 2.90)
	异常组	127(2.0)	10.54(9.69, 12.56)
	总计	6462(100.0)	1.43(.53, 3.01)
N-MID (ng/mL)	正常组	5750(89.0)	15.50(12.50, 18.70)
	异常组	712(11.0)	27.80(25.10, 31.70)
	总计	6462(100.0)	16.0(12.8, 20.2)
β -CTX (pg/mL)	正常组	6139(95.0)	387.0(289.0, 503.0)
	异常组	323(5.0)	889.0(806.0, 989.0)
	总计	6462(100.0)	397.0(295.0, 527.0)

见表 2。

2.3 不同年龄血清骨代谢生化指标水平状况

25-OH-VD 水平 51 ~ 65 岁和 > 65 岁年龄组最高, < 30 岁年龄组最低。CT 水平 < 30 岁年龄组最高, 51 ~ 64 岁和 > 65 岁年龄组最低。N-MID 水平 < 30 岁年龄组最高, > 65 岁年龄组最低。 β -CTX 水平 < 30 岁年龄组最高, > 65 岁年龄组最低。不同年龄血清骨代谢生化指标水平差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表 3。

2.4 不同季节血清生化指标水平状况

25-OH-VD 水平秋季组最高, 冬季组次高, 春季组最低。CT 水平冬季组最高, 秋季组次高, 春季组最低。N-MID 水平冬季组最高, 夏季组最低。 β -CTX 水平春季组最高, 夏季组最低。不同季节血清骨代谢生化指标水平差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表 4。

2.5 血清骨代谢生化指标相关性

将 25-OH-VD、CT、N-MID、 β -CTX 作为变量进行 Spearman 相关性分析, 结果显示 4 项生化指标水平之间均呈正相关($P < 0.05$), 见表 5。

表 2 不同性别组血清骨代谢生化指标水平状况 [$M(P_{25}, P_{75})$]

Tab. 2 Serum biochemical indexes of bone metabolism in different sex groups [$M(P_{25}, P_{75})$]

组别	n	25-OH-VD (nmol/L)	CT (pg/mL)	N-MID (ng/mL)	β -CTX (pg/mL)
男性	3 729	67.05(54.33, 81.42)***	2.38(1.29, 3.98)***	16.3(13.30, 20.10)***	419(318, 540)***
女性	2 733	55.58(43.40, 69.29)	0.52(0.50, 1.18)	15.6(12.30, 20.30)	361(263.0, 504.5)
Z		-22.35	-46.01	-3.76	-11.45
P		<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*

与女性组比较, *** $P < 0.001$; * $P < 0.05$ 。

表 3 不同年龄组血清骨代谢生化指标水平状况 [M(P₂₅, P₇₅)]

Tab. 3 Serum biochemical indexes of bone metabolism in different age groups [M(P₂₅, P₇₅)]

组别	n	25-OH-VD (nmol/L)	CT (pg/mL)	N-MID (ng/mL)	β-CTX (pg/mL)
< 30岁	653	52.65(42.08, 65.85)***	1.76(0.77, 3.18)*	18.80(15.30, 22.70)***	454.0(356.50, 596.50)***
30 ~ 50岁	3 425	59.80 (47.87, 73.23)***	1.55(0.60, 3.20)***	15.60(12.60, 19.10)***	380.0(283.50, 502.50)***
51 ~ 65岁	1 657	69.06(54.50, 85.57)***	1.19(0.50, 2.81)***	16.50(13.00, 20.90)***	418.0(312.00, 564.00)***
> 65岁	727	68.92 (55.14, 86.32)	1.05(0.50, 2.35) [△]	15.30(12.00, 20.20)	367.0(252.00, 493.00)**
H		413.48	78.31	190.09	174.22
P		<0.001 [#]	<0.001 [#]	<0.001 [#]	<0.001 [#]

与30~50岁比较, *P < 0.05; 与51~65岁比较, [△]P < 0.01; 与30~50岁比较, **P < 0.01; ***P < 0.001; #P < 0.05。

表 4 不同季节血清骨代谢生化指标水平状况 [M(P₂₅, P₇₅)]

Tab. 4 Serum biochemical indexes of bone metabolism in different seasons [M(P₂₅, P₇₅)]

组别	n	25-OH-VD (nmol/L)	CT (pg/mL)	N-MID (ng/mL)	β-CTX (pg/mL)
春季组	613	60.22(47.34, 73.55)	1.04(0.50, 2.70)***	16.90(13.45, 21.60)	437.0(316.50, 606.00)*
夏季组	2 275	60.57(47.64, 75.16)	1.43(0.54, 2.88)	15.70(12.50, 19.80)	379.0(280.00, 508.00)**
秋季组	2 835	63.98(51.42, 78.82)***	1.45(0.58, 3.09)*	15.90(12.60, 19.70)***	397.0(297.00, 522.00)***
冬季组	739	61.48(47.22, 76.30)	1.72(0.54, 3.55)**	17.10(14.10, 21.30)***	417.0(308.00, 538.00)***
H		49.25	31.81	65.27	59.70
P		<0.001 [#]	<0.001 [#]	<0.001 [#]	<0.001 [#]

与夏季组比较, **P < 0.01; 与冬季组比较, *P < 0.05; 与冬季组比较, *P < 0.01; 与秋季组比较, ***P < 0.01; 与冬季组比较, ***P < 0.05; **P < 0.001; #P < 0.05。

表 5 血清骨代谢生化指标相关性 (r_s)

Tab. 5 Correlation of biochemical indexes of serum bone metabolism (r_s)

生化指标	25-OH-VD	CT	N-MID	β-CTX
CT	0.118**			
N-MID	0.001	0.064**		
β-CTX	0.034**	0.061**	0.748**	

**相关性在0.01水平上显著(双尾)。

2.6 血清骨代谢生化指标影响因素

以 25-OH-VD、CT、N-MID、β-CTX、性别、年龄和季节作为变量, 分别构建血清骨代谢生化指标影响因素多分类 Logistic 回归方程。25-OH-VD 纳入 CT、N-MID、β-CTX、性别、年龄和季节, CT 纳入 25-OH-VD、N-MID、β-CTX、性别、年龄和季节, N-MID 纳入 25-OH-VD、CT、β-CTX、性别、年龄和季节, β-CTX 纳入 25-OH-VD、CT、N-MID、性别、年龄和季节构建回归方程。结果显示: 性别对 25-OH-VD 不足的影响有统计学意义 [Exp(B) = 0.574, 95%CI 0.504 ~ 0.653, P < 0.001]、< 30 岁年龄组对 25-OH-VD 不足的影响有统计学意义 [Exp(B) = 2.924, 95%CI 2.188 ~ 3.907, P < 0.001]、30 ~ 50 岁年龄组对 25-

OH-VD 不足的影响有统计学意义 (Exp(B) = 2.051, 95%CI 1.706 ~ 2.467, P < 0.001)、春季对 25-OH-VD 不足的影响有统计学意义 [Exp(B) = 1.322, 95%CI 1.007 ~ 1.736, P < 0.05]。表 6 显示了血清骨代谢生化指标回归分析的结果, 其中只包括显著性水平 P < 0.05 的自变量。

3 讨论

3.1 25-OH-VD 与性别、年龄和季节

25-OH-VD 是维生素 D 在血液中的主要形式, 用于评估维生素 D 的营养状态^[5-7]。维生素 D 对骨骼健康至关重要, 它有助于钙的吸收和骨骼的正常矿化^[5, 8]。本研究显示, 受试群体 25-OH-VD 水平的性别中位数表明男性组的 25-OH-VD 水平普遍高于女性组, 这与相关研究成果一致^[5], 男性组的四分位数范围更宽、分布更为分散, 水平差异原因可能与性别的户外活动、生理因素和阳光防护上有差异相关^[9]。该指标的年龄中位数表明, 随着年龄的增长, 个体之间的差异也在增加。该指标的季节中位数表明, 秋季组的 25-OH-VD 水平最高, 冬季组次之, 春季组最低。季节组间存在显著差异 (P < 0.001), 这可能与日照时

表 6 血清骨代谢生化指标逻辑回归分析结果

Tab. 6 Logistic regression analysis results of biochemical indexes of serum bone metabolism

变量		B	标准错误	瓦尔德	P	Exp(B)	95%CI		
因变量	自变量						下限	上限	
25-OH-VD 不足	常量	0.413	0.134	9.583	0.002*				
	性别	-0.556	0.066	70.577	< 0.001*	0.574	0.504	0.653	
	< 30岁	1.073	0.148	52.617	< 0.001*	2.924	2.188	3.907	
	30 ~ 50岁	0.719	0.094	58.245	< 0.001*	2.051	1.706	2.467	
	春季	0.279	0.139	4.039	0.044*	1.322	1.007	1.736	
25-OH-VD 缺乏	常量	0.206	0.159	1.664	0.197				
	性别	-1.586	0.076	436.943	< 0.001*	0.205	0.176	0.238	
	< 30岁	2.133	0.168	161.288	< 0.001*	8.444	6.075	11.736	
	30 ~ 50岁	1.185	0.122	93.612	< 0.001*	3.271	2.573	4.158	
	秋季	-0.579	0.118	24.037	< 0.001*	0.56	0.445	0.706	
CT异常	βCTX异常	-0.362	0.183	3.911	0.048*	0.697	0.487	0.997	
	常量	-4.141	0.426	94.38	< 0.001*				
	性别	1.078	0.224	23.197	< 0.001*	2.939	1.895	4.557	
	25-OH-VD不足	-0.471	0.222	4.492	0.034*	0.624	0.404	0.965	
	N-MID异常	常量	-1.584	0.192	68.339	< 0.001*			
N-MID异常	性别	-0.466	0.093	25.057	< 0.001*	0.628	0.523	0.753	
	< 30岁	0.684	0.169	16.299	< 0.001*	1.981	1.422	2.761	
	30 ~ 50岁	-0.408	0.146	7.858	0.005*	0.665	0.5	0.884	
	春季	-0.415	0.181	5.254	0.022*	0.661	0.463	0.942	
	夏季	-0.567	0.139	16.506	< 0.001*	0.567	0.432	0.746	
	秋季	-0.559	0.134	17.302	< 0.001*	0.572	0.439	0.744	
	βCTX异常	3.304	0.134	606.871	< 0.001*	27.23	20.932	35.412	
	β-CTX异常	常量	-4.808	0.320	225.361	< 0.001*			
	春季	0.869	0.246	12.452	< 0.001*	2.384	1.472	3.863	
	25-OH-VD正常	0.379	0.184	4.250	0.039*	1.461	1.019	2.096	
β-CTX异常	NMID异常	3.304	0.134	606.550	< 0.001*	27.210	20.920	35.393	

* $P < 0.05$ 。

间和紫外线 B 辐射的季节性变化有关^[10-11]。有研究表明维生素 D 的合成与阳光暴露程度有直接关系，适量的紫外线照射有助于维生素 D 的合成^[8, 12-15]。提示对于维生素 D 的补充和日常营养建议，可能需要根据性别、年龄和季节进行个性化考虑。

3.2 CT 与性别、年龄和季节

CT 是 1 种由甲状腺滤泡旁细胞分泌的多肽激素，它在调节钙和磷代谢中起着重要作用^[16]。本研究结果显示，CT 水平在性别上男性高于女性，差异有统计学意义 ($P < 0.001$)。数据分析结果显示 CT 水平随着年龄的增长而呈现显著性 ($P < 0.001$) 下降趋势，这可能是由于随着年龄的增长，骨代谢发生变化，骨吸收和骨形成的平衡可能被打破，导致骨密度下降、骨质疏松发展有关。CT

水平在不同季节组之间存在统计学意义 ($P < 0.001$)，冬季组的 CT 水平最高，其次是秋季组和夏季组，春季组最低。CT 水平的季节性变化，可能是因为日照是维生素 D 的主要来源，而维生素 D 的状态会影响钙的吸收和代谢，由于 CT 参与调节血钙水平，维生素 D 的季节性变化可能会间接影响降钙素水平。

3.3 N-MID 与性别、年龄和季节

N-MID 是 1 种由成骨细胞分泌的蛋白质，可作为评估骨代谢和骨骼健康的生物标志物，在骨形成和维护中起着重要作用^[17-18]。本研究数据分析显示 N-MID 水平男性组与女性组存在显著性差异 ($P < 0.001$)，这可能是由于男性和女性在骨代谢和骨形成方面的生理差异。随着年龄的增长，N-MID 水平有所下降，在 30 ~ 50 岁组达到最低

点, 这可能与中年时期的骨代谢变化有关。随后在 51~65 岁组 N-MID 水平有所上升, 这可能是由于性别更年期的激素变化, 以及人们对健康的关注增加, 可能会采取更多的措施来维持骨骼健康^[19]。在 >65 岁组, N-MID 水平再次下降, 这可能与老年时期的骨量丢失和骨质疏松风险增加有关。提示在不同年龄阶段, 可能需要采取不同的骨骼健康管理和预防措施。

3.4 β -CTX 与性别、年龄和季节

β -CTX 是 1 种特定的胶原降解标志物, 它反映了骨吸收的活跃程度, 通常用于评估骨质疏松症的风险和监测治疗效果^[20-22]。本研究数据分析显示男性组的 β -CTX 水平显著高于女性组 ($P < 0.001$), 这可能是由于男性和女性在骨代谢和骨吸收方面的生理差异。提示对个体进行骨骼健康评估和管理策略需要考虑性别因素。本研究数据分析显示 β -CTX 水平在不同年龄组之间存在统计学意义 ($P < 0.001$)。最年轻的组 (<30 岁) 的 β -CTX 水平最高, 这可能与年轻的骨吸收活跃有关。随着年龄的增长, β -CTX 水平在 30~50 岁组有所下降, 这可能与中年时期的骨代谢变化有关。随后在 51~65 岁组 β -CTX 水平有所上升, 这可能是由于性别更年期的激素变化。 β -CTX 水平的这些变化可能反映了骨骼随着年龄的增长而发生的生理和结构变化。提示, 年龄是影响血清骨代谢生化指标 β -CTX 水平的重要因素。

3.5 生化指标相关性

N-MID 与 β -CTX 的相关系数 r_s 为 0.748, 2 项指标的正相关性与相关研究成果一致^[23], 这是 1 个非常高的相关系数, 表明 N-MID 与 β -CTX 之间存在强的正相关关系, 这表明在骨代谢过程中, 骨形成(N-MID)和骨吸收(β -CTX)之间存在紧密的耦合关系, 当骨形成增加时, 骨吸收也相应增加。

25-OH-VD 与 CT、N-MID、 β -CTX 之间的相关性较弱, 可能表明 25-OH-VD 在调节骨代谢方面的作用可能不是通过直接影响这些指标来实现的。CT 与 N-MID、 β -CTX 之间的相关性较弱, 可能反映了降钙素在骨代谢中的调节作用较为复杂, 且可能受到多种因素的影响。

3.6 生化指标影响因素

在本研究影响因素回归分析中, 血清骨代谢生化指标正常组被设定为参考类别, 而不足组、缺乏组和异常组则是比较类别。

在 25-OH-VD 模型中, 不足组和缺乏组的男

性 B 值分别为 -0.556 和 -1.586, 且差异有统计学意义 ($P < 0.001$), 表明无论是 25-OH-VD 不足还是缺乏, 男性相对于女性都有较低的风险。这可能意味着在 25-OH-VD 水平较低的情况下, 男性相对于女性具有更好的健康状况或营养状况。在不足和缺乏 2 个组中, <30 岁组的 B 值为 1.073 和 2.133, 无论是 25-OH-VD 不足还是缺乏, <30 岁的个体相对于其他年龄段, 都有较高的风险。30~50 岁的个体相对于其他年龄段, 25-OH-VD 不足和缺乏的风险也有所增加。51~65 岁人群, 在不足和缺乏 2 个组中 B 值分别为 0.027 和 0.058, 显著性水平分别为 0.785 和 0.663, 这意味着在这个年龄段, 25-OH-VD 不足和缺乏的风险与基准风险相比无统计学意义。

在 CT 异常组模型中, 男性的 B 值为 1.078, 且在统计学上非常显著 ($P < 0.001$), Exp(B) 值为 2.939, 意味着男性 CT 异常可能性高于女性。

在 N-MID 异常组模型中, β -CTX 异常组的 B 值为 3.304, 且在统计学上非常显著 ($P < 0.001$), Exp(B) 值为 27.23, 意味着 β -CTX 异常组相对于正常组, N-MID 异常可能性非常高。

虽然有些自变量在统计上不显著, 未被纳入回归分析结果表格中, 但它们可能仍然在理论或实践中具有重要意义, 这在未来的研究中值得进一步探讨。

综上所述, 昆明地区受试人群血清骨代谢生化指标水平, 25-OH-VD 水平总体中位数 61.93 nmol/L, 低于正常参考值范围, 大部分人群处于不足或缺乏状态, 2 组合计占 72%, 比例较高, 这与相关研究成果一致^[24], 提示该人群中维生素 D 的补充可能是 1 个重要的公共卫生问题。CT、N-MID 和 β -CTX 水平处于正常参考值范围, 异常比例相对较低, 表明在这些指标上受试者健康状况较好。N-MID 与 β -CTX 呈非常强的正相关 ($r_s = 0.748$), 表明这 2 个指标可能有密切的生物学联系。基于模型统计结果, 推断性别、年龄和季节是 25-OH-VD 水平显著的预测因子; 性别和 25-OH-VD 是 CT 水平显著的预测因子; 性别、年龄和季节是 N-MID 水平显著的预测因子; β -CTX 水平是 N-MID 水平显著的预测因子。

[参考文献]

- [1] 张萌萌, 马倩倩, 毛未贤. 骨代谢生化指标临床应用专家共识 (2023 修订版) [J]. 中国骨质疏松杂志, 2023,

- 29(4): 469–476.
- [2] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 中国骨质疏松症流行病学调查及“健康骨骼”专项行动结果发布 [J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2019, 12(4): 317–318.
- [3] 廖祥鹏, 张增利, 张红红, 等. 维生素 D 与成年人骨骼健康应用指南(2014 年标准版) [J]. 中国骨质疏松杂志, 2014, 20(9): 1011–1030.
- [4] 中华人民共和国卫生部. 骨代谢标志物临床应用指南: WS/T 357–2011 [S]. 2011.
- [5] 张萌萌, 张岩, 吴淦, 等. 骨代谢生化指标实验推荐方案 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2021, 27(10): 1405–1412, 1549.
- [6] Jorde R, Grimnes G. Vitamin D and health: The need for more randomized controlled trials [J]. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 2015, 148(4): 269–274.
- [7] Van Driel M, Van Leeuwen JPTM. Vitamin D and bone: A story of endocrine and auto/paracrine action in osteoblasts [J]. *Nutrients*, 2023, 15(3): 480.
- [8] Bouillon, R., Manousaki, D., Rosen, C., et al. The health effects of vitamin D supplementation: Evidence from human studies [J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2022, 18(2): 96–110.
- [9] Raymond-Lezman J R, Riskin S I. Benefits and risks of sun exposure to maintain adequate vitamin D levels [J]. *Cureus*, 2023, 15(5): e38578.
- [10] 周望展, 何卫, 赵峰. 6 项骨代谢标志物与老年骨质疏松性骨折的相关性研究 [J]. 中国卫生检验杂志, 2023, 33(16): 2012–2014, 2030.
- [11] 许海琦, 杨历新, 李金娟, 等. 青海高原成年居民血清 25(OH)D 水平及相关骨代谢指标的测定和影响因素 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2023, 29(3): 385–389, 402.
- [12] 唐毅, 杨靖, 曹洪义, 等. 成都地区不同年龄城乡妇女维生素 D 和骨代谢指标及骨密度的状况分析 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2016, 22(6): 756–760.
- [13] Holick M F. Vitamin D: Evolutionary, physiological and health perspectives [J]. *Curr Drug Targets*, 2011, 12(1): 4–18.
- [14] Mithal A, Wahl D A, Bonjour J P, et al. Global vitamin D status and determinants of hypovitaminosis D [J]. *Osteoporosis International*, 2009, 20(11): 1807–1820
- [15] Wechsung K, Schnabel D, Wiegand S. Longitudinal analysis of vitamin D levels considering sunshine duration and suggestion for a standardised approach for vitamin D supplementation in children and adolescents with obesity [J]. *BMC Pediatr*, 2024, 24(1): 337.
- [16] 张萌萌, 张艳会, 毛未贤, 等. 1084 例女性 TRACP、CTX-1、BALP、BGP、钙磷代谢指标与 BMD 相关性 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2013, 19(9): 902–906.
- [17] 文碧. 中青年 Graves 病患者骨代谢生化指标状况调查 [D]. 昆明: 昆明医科大学, 2022.
- [18] 叶竹, 张金赫, 张亚松, 等. 围绝经期女性骨生化指标与骨密度的相关性分析 [J]. 华南国防医学杂志, 2011, 25(6): 473–476, 486.
- [19] 史幽幽, 陶初华, 俞钰贤, 等. 骨代谢 4 项与骨质疏松症的相关性研究 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019, 34(2): 212–213.
- [20] 张萌萌. 骨代谢生化指标实验规范(2024) [J/OL]. 中国骨质疏松杂志, (2024–06–18) [2024–08–10]. <https://link.cnki.net/urlid/11.3701.r.20240617.0909.002>.
- [21] 严海燕, 曾华, 罗玲, 等. 三种骨代谢标志物在诊断及鉴别骨疾病中的应用 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2012, 27(9): 859–860.
- [22] 柳扬, 刘光耀, 李忠军. β -胶原降解产物, N-端骨钙素, 总 I 型胶原氨基端延长肽在肿瘤骨转移诊断中的应用 [J]. 中国实验诊断学, 2012, 16(4): 644–647.
- [23] 安娜, 纪丽慧, 孟海燕, 等. 2 型糖尿病患者 N-MID 和 β -CTX 与骨密度的相关性研究 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2018, 24(12): 1591–1595, 1605.
- [24] 赵滢, 苏艳丹, 唐睿珠, 等. 昆明地区 2563 例人群维生素 D 营养的状况 [J]. 昆明医科大学学报, 2022, 43(4): 19–25.