doi：10.7499/j.issn.1008-8830.2501097

论著·临床研究

学龄前儿童骨密度与骨代谢指标相关性及影响因素的研究

尼罗帕[1]　艾力帕提·太来提[2]　克日曼·帕尔哈提[1]　王敏囡[1]　郭艳[1]
祖姆热提·伊敏[1]　古丽加娜提·阿布拉克木[1]　热娜·买买提[1]

（1.新疆医科大学第一附属医院儿童保健科，新疆乌鲁木齐　830054；
2.乌鲁木齐国际医院/乌鲁木齐市眼耳鼻喉专科医院公卫科，新疆乌鲁木齐　830000）

［摘要］**目的**　探讨学龄前儿童骨密度（bone mineral density, BMD）与骨代谢指标的相关性及影响因素，为促进儿童骨健康提供临床依据。**方法**　回顾性收集2024年6—12月于新疆医科大学第一附属医院儿童保健科健康体检的127例学龄前儿童资料，对其进行BMD、骨代谢指标检测及体格检查。采用多元线性回归分析探讨学龄前儿童一般资料对BMD Z值的影响，使用Spearman秩相关法进行儿童BMD Z值与25羟维生素D（25-hydroxyvitamin D, 25-OHD）、血清骨钙素（bone Gla protein, BGP）和甲状旁腺激素（parathyroid hormone, PTH）的相关性。**结果**　不同民族、体重和身高的儿童BMD Z值比较差异均有统计学意义（均P<0.05）。多元线性回归分析显示，学龄前儿童的体重和身高对BMD Z值有影响（P<0.05），而性别、年龄、民族和家长文化程度对BMD Z值无影响（P>0.05）。儿童BMD Z值与25-OHD水平（r_s=0.260，P<0.001）、BGP水平（r_s=0.075，P=0.025）呈正相关，与PTH水平呈负相关（r_s=–0.043，P=0.032）。**结论**　学龄前儿童体重、身高、25-OHD、BGP和PTH是影响BMD的相关因素。临床工作中，联合检测骨代谢指标，可为早期发现BMD异常儿童，预防骨质疏松症和骨质软化症提供科学依据。　［中国当代儿科杂志，2025，27（8）：989-993］

［关键词］骨密度；25羟维生素D；血清骨钙素；甲状旁腺激素；儿童

Correlation between bone mineral density and bone metabolic markers in preschool children and the influencing factors for bone mineral density

NI Luopa, TAILAITI Ailipati, PAERHATI Kereman, WANG Min-Nan, GUO Yan, YIMIN Zumureti, ABULAKEMU Gulijianati, MAIMAITI Rena. Department of Child Health Care, First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, China (Maimaiti R, Email: krena95@aliyun.com)

Abstract: Objective　To investigate the correlation between bone mineral density (BMD) and bone metabolic markers in preschool children and the influencing factors for BMD, and to provide a clinical basis for promoting bone health in children. **Methods**　A retrospective analysis was performed for the data of 127 preschool children who underwent physical examination in the Department of Child Health Care of the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, from June to December 2024. BMD and bone metabolic markers were measured, and physical examination was performed. A multiple linear regression analysis was used to investigate the effect of general information on BMD Z-score in preschool children. Spearman's rank correlation test was used to investigate the correlation of BMD Z-score with 25-hydroxyvitamin D (25-OHD), serum bone Gla protein (BGP), and parathyroid hormone (PTH). **Results**　BMD Z-score significantly differed by ethnicity, weight category, and height category (all P<0.05). The multiple linear regression analysis indicated that weight and height significantly influenced BMD Z-score (P<0.05), whereas sex, age, ethnicity, and parental education level did not (P>0.05). In children, BMD Z-score was positively correlated with 25-OHD level (r_s=0.260, P<0.001) and BGP level (r_s=0.075, P=0.025) and was negatively

［收稿日期］2025-01-23；［接受日期］2025-07-01
［基金项目］新疆医科大学第一附属医院青年科研启航专项基金项目资助（2023YFY-QKQN-51）；儿童重大疾病大数据平台与一体化防诊治体系研究（2024B03038-2）。
［作者简介］尼罗帕，女，硕士研究生。
［通信作者］热娜·买买提，女，教授，主任医师。Email：krena95@aliyun.com。

correlated with PTH level (r_s=-0.043, P=0.032). **Conclusions** Weight, height, 25-OHD, BGP, and PTH are influencing factors for BMD in preschool children. In clinical practice, combined measurement of bone metabolic markers may provide a scientific basis for early identification of children with abnormal BMD and prevention of osteoporosis and osteomalacia. **[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2025, 27(8): 989-993]**

Key words: Bone mineral density; 25-Hydroxyvitamin D; Bone Gla protein; Parathyroid hormone; Child

骨密度（bone mineral density, BMD）衡量的是骨骼在单位面积或单位体积内矿物质的含量，它直接反映人体长期营养积累状况、当前营养水平以及骨质疏松的风险程度[1]。儿童期是骨骼发育和生长的关键时期，这一阶段BMD的增长会对骨骼健康、峰值骨量和远期BMD均有重要影响[2]。BMD变化与激素调控、骨代谢及高脂环境密切相关，其中甲状旁腺激素（parathyroid hormone, PTH）水平是影响患者发生骨质疏松的独立危险因素，25羟维生素D（25-hydroxyvitamin D, 25-OHD）和血清骨钙素（bone Gla protein, BGP）是发生骨质疏松的保护因素[3]。然而，目前尚无关于学龄前儿童BMD与骨代谢指标的相关性及其他影响因素的研究报道。对学龄前儿童进行定期BMD检测，并进一步探究其BMD水平与骨代谢指标的相关性及其影响因素，以期为防治学龄前儿童BMD不足提供理论依据，并对儿童青少年BMD评价标准的完善提供骨量数据参考，可有效预防儿童佝偻病及成年后可能出现的骨质疏松问题。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性选择2024年6—12月期间在新疆医科大学第一附属医院儿童保健科健康体检的学龄前儿童为研究对象，对其进行BMD、骨代谢指标检测及体格检查。纳入标准：（1）年龄0~6岁；（2）未患影响儿童骨骼正常生长发育的疾病；（3）儿童家长或监护人自愿参与本研究并知情同意。排除标准：（1）患有代谢性骨病、慢性病和先天性疾病；（2）使用治疗剂量的维生素D；（3）长期服用抗癫痫药物和糖皮质激素药物。本研究通过新疆医科大学第一附属医院医学伦理委员会批准（241008-02）。

1.2 体格检查

由儿童保健科医师进行儿童的体格测量和评价，体格检查包括身高和体重的测量。

1.2.1 体重的测量 在进行测量前，受测者排空大小便，脱去厚重的衣物、鞋袜等，仅保留背心、裤衩。将婴儿仰卧于智能体检仪上，头扶正，腿伸直，脚底放平；当1岁以上儿童站在智能体检仪上时，应确保双手自然垂放。待仪器显示的体重数值稳定不再波动后，即可读取该数值，并将其以kg为单位进行记录，需精确至小数点后2位（0.01 kg）。

1.2.2 身高的测量 （1）3岁以下儿童量身长：小儿需脱鞋袜，单裤即可，仰卧在量床的正中央，测量者轻轻按住小儿膝盖，确保两腿紧贴地面，用右手移动足板，使其与小儿的两侧足跟紧密接触。如果量床的两侧都有刻度，请确保两侧的读数完全一致，读取刻度至小数点后1位（0.1 cm），并准确记录。（2）3岁及以上儿童量身高：小儿脱鞋袜、衣物，仅穿背心和短裤衩，站立于底板台上。在测量过程中，儿童应保持立正姿势，目视前方，胸部稍微挺起，腹部微微收紧，两臂自然下垂。测量者轻轻滑动滑测板，直至与头顶接触，读取数值并记录。

1.3 BMD的测定

仪器为北京悦琦创通科技有限公司的BMD-9Ⅲ超声骨密度仪。0~5岁儿童测量部位为胫骨中段（左右侧均可）；5岁以上儿童测量部位为桡骨远端（左右侧均可）。检测结果以Z值表示，以世界卫生组织发布的儿童数据库为参照标准，评价标准：Z值≥–1，BMD正常；–2<Z值<–1，轻度BMD不足；Z值≤–2，BMD不足[2]。

1.4 骨代谢指标的测定

所有研究对象抽静脉血4 mL，以3 000 r/min离心5 min，分离出血清，置于–20℃冰箱低温保存待测。采用双抗夹心酶联免疫吸附法测定25-OHD、BGP、PTH水平。

1.5 统计学分析

采用SPSS 26.0进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较采用两样本t检验；非正态分布的计量资料以中位数（四分位数间距）［M（P_{25}，P_{75}）］表示，组间比较采用Wilcoxon秩和检验或Kruskal-Wallis H检验。计数资料以例数和百分率（%）表示，组间比较采用χ^2检验。相关性分析采用Spearman秩

相关法。采用多元线性回归分析探讨学龄前儿童BMD的影响因素。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

参与本次调查的127例健康体检儿童中，男性80例（63.0%），女性47例（37.0%）；年龄为1岁以下15例（11.8%）、1~3岁70例（55.1%）、>3~6岁42例（33.1%）；民族为汉族78例（61.4%）、维吾尔族35例（27.6%）、哈萨克族7例（5.5%）、回族7例（5.5%）；体重为5 kg以下2例（1.6%）、5~10 kg 39例（30.7%）、>10~15 kg 50例（39.4%）、>15~20 kg 18例（14.2%）、>20~25 kg 18例（14.2%）；身高为60 cm以下2例（1.6%）、60~80 cm 38例（29.9%）、>80~100 cm 43例（33.9%）、>100~120 cm 26例（20.5%）、120 cm以上的有18例（14.2%）；家长文化程度为初中及以下15例（11.8%）、高中或中专31例（24.4%）、大专或本科81例（63.8%）。

2.2 儿童BMD Z值和骨代谢指标结果

127例儿童的检测结果显示，BMD Z值为（1.4±1.1），25-OHD为142.9（118.6，166.5）nmol/L，BGP为63.37（52.85，76.68）nmol/L，PTH为1.97（1.46，2.77）nmol/L。

2.3 不同民族、体重、身高儿童的BMD Z值比较

不同民族、体重、身高的儿童BMD Z值水平比较差异均有统计学意义（P<0.05），见表1。

2.4 学龄前儿童BMD Z值的影响因素分析

将学龄前儿童BMD Z值水平作为因变量，儿童性别、年龄、民族、体重、身高、家长文化程度作为自变量进行多元线性回归分析（$\alpha_{入}$=0.05，$\alpha_{出}$=0.10），结果显示，学龄前儿童的体重和身高对BMD Z值有影响（P<0.05），而性别、年龄、民族和家长文化程度对BMD Z值无影响（P>0.05）。见表2。

表1 儿童BMD与一般人口学资料的单因素分析

［M（P_{25}，P_{75}）］

变量	例数	BMD Z值
性别		
男	80	1.50(0.15, 2.20)
女	47	1.34(0.70, 2.60)
Z值		−1.077
P值		0.281
年龄 (岁)		
<1	15	1.10(0.70, 1.50)
1~3	70	1.25(0.50, 2.15)
>3~6	42	1.90(0.10, 2.50)
H值		2.436
P值		0.296
民族		
汉族	78	1.25(0.48, 1.90)
维吾尔族	35	2.20(1.50, 2.50)
哈萨克族	7	1.00(0.80, 1.40)
回族	7	1.10(0.30, 1.80)
H值		11.021
P值		0.012
体重 (kg)		
<5	2	−0.25(−0.90, 0)
5~10	39	1.20(0.70, 2.10)
>10~15	50	1.40(0.58, 1.90)
>15~20	18	0.10(−0.50, 1.60)
>20~25	18	2.25(2.20, 3.00)
H值		39.584
P值		<0.001
身高 (cm)		
<60	2	−0.25(−0.90, 0.00)
60~80	38	1.37(0.70, 2.38)
>80~100	43	1.00(0.38, 1.90)
>100~120	26	1.20(−0.50, 1.68)
>120	18	2.50(2.20, 3.00)
H值		35.177
P值		<0.001
家长文化程度		
初中及以下	15	1.20(0.60, 2.00)
高中或中专	31	1.40(0.50, 2.20)
大专或本科	81	1.60(0.50, 2.40)
H值		0.709
P值		0.701

注：［BMD］骨密度。

表2　学龄前儿童BMD Z值影响因素的多元逐步回归分析

变量	赋值	*B*	*SE*	*β*	*t*	*P*
性别	男=1, 女=2	0.324	0.222	0.139	1.460	0.147
年龄 (岁)	<1=1, 1~3=2, >3~6=3	0.361	0.309	0.203	1.169	0.245
民族	汉族=1, 维吾尔族=2, 哈萨克族=3, 回族=4	0.056	0.123	0.041	0.453	0.651
体重 (kg)	<5=1, 5~10=2, >10~15=3, >15~20=4, >20~25=5	0.216	0.096	0.198	2.257	<0.026
身高 (cm)	<60=1, 60~80=2, >80~100=3, >100~120=4, >120=5	1.763	0.992	0.870	2.741	<0.001
家长文化程度	初中及以下=1, 高中或中专=2, 大专或本科=3	0.113	0.144	0.070	0.788	0.432
常量		7.961	1.734	–	4.271	<0.001

2.5　学龄前儿童BMD Z值与25-OHD、BGP及PTH的相关性分析

儿童BMD Z值与25-OHD水平（r_s=0.260，P<0.001）、BGP水平呈正相关（r_s=0.075，P=0.025），与PTH水平呈负相关（r_s=–0.043，P=0.032）。

3　讨论

本研究发现，儿童体重和身高是影响儿童BMD的相关因素，与既往研究结果[4-6]相似。儿童体重的增加可能导致体内激素水平发生变化，如胰岛素样生长因子-1等生长因子的水平升高，这些生长因子对骨骼的生长和发育具有促进作用[4]。而儿童BMD水平受多种因素影响，包括身高增长速度、遗传背景、内分泌调节状态及宫内生长发育水平等。其中，0~6岁儿童的身高增长主要受生长激素和甲状腺素调控[5]。此外，生长激素本身也影响儿童BMD水平[6]。

对于处于生长发育黄金期的儿童及青少年而言，科学的营养管理与均衡的膳食结构是维系健康体重增长的核心基石，需重点保障蛋白质、维生素D、钙等关键营养素的足量摄入。在增加体重的过程中，要确保饮食均衡和营养全面。避免过度摄入高热量、高脂肪和高糖的食物，这些食物虽然可以增加体重，但不利于骨骼健康。总之，保持健康的体重增长、进行力量训练、保持良好的生活习惯、均衡饮食，以及定期监测体重和BMD是提高BMD的有效方法。

本研究发现，儿童BMD与25-OHD、BGP水平呈正相关，提示儿童25-OHD和BGP升高，其BMD水平也相应增加；与PTH水平呈负相关，提示儿童PTH水平增加时，其BMD降低，与既往研究[7-8]一致。骨代谢指标作为反映骨转换活动的标志物，源自骨组织的代谢过程，存在于血液、尿液、骨骼或其他体液中，对骨代谢起着调节作用。这些代谢产物直接介入骨骼的形成与吸收环节，从而对BMD产生影响。例如，低水平25-OHD会触发继发性甲状旁腺功能亢进，骨吸收增加，骨质流失，最终导致BMD降低[9]。BGP是由骨细胞分泌的，可反映骨细胞转化水平和综合状态，其水平升高提示骨功能加强[10]。PTH是机体内调控钙、磷代谢的关键性肽类激素，可刺激骨钙动员以及钙的重吸收，PTH高表达的持续性刺激会增加骨转换率，从而增强骨分解以及吸收，进一步促使患者骨量的降低[11]。

本研究存在局限性。第一，本研究为单中心横断面回顾性研究，在因果推断方面存在不确定性，可能存在一定的信息偏倚，需开展多中心和前瞻性队列研究，并验证其他研究中心的样本，这将有助于进一步确认本研究的结果。第二，由于本研究样本量有限，仅局限于在单一医院接受健康体检的儿童，不能代表所有儿童；民族分类中，哈萨克族和回族的样本量过少，可能导致统计结果不稳定，存在选择偏倚。第三，本研究并未考虑一些潜在的混杂因素，如饮食、运动习惯、日照时间等，这些潜在混杂因素可能影响结果的可靠性。

综上所述，儿童的体重和身高是影响BMD的相关因素，25-OHD、BGP和PTH水平与儿童BMD存在一定的相关性。临床工作中，联合检测25-OHD、BGP及PTH水平，可为早期发现BMD异常的儿童，预防骨质疏松症和骨质软化症提供科学依据。

作者贡献声明：尼罗帕负责文章构思、研究设计、数据收集、论文撰写；艾力帕提·太来提整理数据、分析数据；克日曼·帕尔哈提、王敏囡、郭艳、祖姆热提·伊敏、古丽加娜提·阿布拉克木负责数据收集、整理；热娜·买买提对研究提供了指导性的贡献。

利益冲突声明：所有作者均声明无利益冲突。

［参　考　文　献］

[1] Xia X, Chen L, Wang J, et al. Evaluation of bone mineral density in children conceived *via* assisted reproductive technology[J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 827978. PMID: 35222282. PMCID: PMC8867605. DOI: 10.3389/fendo.2022.827978.

[2] 张亚青, 强润利, 李俊英, 等. 汉中市儿童超声骨密度检测结果分析[J]. 中国妇幼健康研究, 2024, 35(9): 43-48. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5293.2024.09.007.

[3] 岳斌, 张巍, 徐丽, 等. 老年2型糖尿病合并骨质疏松患者骨密度变化与血清激素水平、骨代谢指标及血脂的关系[J]. 海南医学, 2023, 34(2): 185-189. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6350.2023.02.007.

[4] Ferrer FS, Castell EC, Marco FC, et al. Influence of weight status on bone mineral content measured by DXA in children[J]. BMC Pediatr, 2021, 21(1): 185. PMID: 33879114. PMCID: PMC8056645. DOI: 10.1186/s12887-021-02665-5.

[5] 马金凤, 张翻弟, 邱振涛, 等. 银川市0~6岁儿童骨密度检测及其影响因素分析[J]. 宁夏医学杂志, 2022, 44(11): 1020-1023. DOI: 10.13621/j.1001-5949.2022.11.1020.

[6] 廖新, 穆亚平. 5~7岁低体重和肥胖儿童身体成分特点及脂肪肌肉含量与骨密度相关性研究[J]. 中国实用儿科杂志, 2016, 31(4): 301-304. DOI: 10.7504/ek2016040614.

[7] 但家红. 25羟基维生素D和甲状旁腺激素水平与儿童骨骼发育程度的相关性研究[J]. 基层医学论坛, 2024, 28(16): 58-60. DOI: 10.19435/j.1672-1721.2024.16.018.

[8] 叶惠成, 刘玉华, 尹镇钊. 男性2型糖尿病患者骨密度变化及与甲状旁腺激素、25-羟基维生素D_3、糖代谢指标的相关性分析[J]. 广西医学, 2016, 38(11): 1497-1501. DOI: 10.11675/j.issn.0253-4304.2016.11.05.

[9] 吴莉青, 杨熠菲, 严平. 骨代谢相关指标及不同部位骨密度的检测在绝经后女性骨质疏松筛查中的应用[J]. 全科医学临床与教育, 2024, 22(11): 966-969. DOI: 10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2024.011.003.

[10] 穆志静, 修双玲, 孙丽娜, 等. 老年2型糖尿病患者骨质疏松影响因素分析[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2021, 35(11): 1171-1173. DOI: 10.13507/j.issn.1674-3474.2021.11.023.

[11] 张建华, 但刚, 胡莉娜, 等. 血清OC、25(OH)D及PTH水平与老年骨质疏松患者胸腰椎骨折的关系及其预测价值分析[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(18): 3499-3503. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.18.019.

（本文编辑：王颖）

（版权所有©2025 中国当代儿科杂志）