

• 论 著 •

阻塞性睡眠呼吸暂停儿童肾功能指标及 25-羟维生素 D 水平的研究^{*}

周宇豪¹, 杨超祺², 杨敏兰¹, 陈 雄^{1△}

武汉大学中南医院: 1. 耳鼻咽喉-头颈外科/睡眠医学中心; 2. 检验科/基因诊断中心, 湖北武汉 430071

摘 要:目的 分析阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)儿童的血清尿酸(UA)、肌酐(CREA)、尿素氮(BUN)及 25-羟维生素 D[25(OH)D]水平,探讨 OSA 儿童的睡眠质量与肾功能指标及 25(OH)D 水平之间的关系。方法 选取 2020 年 9 月至 2021 年 8 月因打鼾症状于武汉大学中南医院耳鼻咽喉-头颈外科就诊的 188 例学龄期儿童。根据多导睡眠监测结果,以呼吸暂停低通气指数(AHI)为依据评估 OSA 儿童的严重程度,将其分为单纯鼾症组(23 例)、轻度 OSA 组(107 例)和中重度 OSA 组(58 例)。记录所有研究对象的身高、体重、体重指数(BMI)、非快速动眼睡眠(NREM)Ⅰ~Ⅲ期睡眠时间、快速动眼睡眠(REM)期睡眠时间、觉醒指数、平均血氧饱和度(AvSaO₂)和最低血氧饱和度(LSaO₂)。收集所有研究对象的临床实验室检查结果,包括血清 UA、CREA、BUN 及 25(OH)D 水平。分析 UA、CREA、BUN 及 25(OH)D 与 OSA 儿童睡眠监测指标的关系。结果 单纯鼾症组、轻度 OSA 组和中重度 OSA 组 AHI、体重、BMI 和觉醒指数比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。单纯鼾症组、轻度 OSA 组和中重度 OSA 组睡眠监测指标和血清 UA、CREA、BUN 之间的相关性分析显示,AHI 与 UA 呈正相关($r = 0.156, P = 0.033$),AvSaO₂ 与 BUN 呈负相关($r = -0.150, P = 0.040$),LSaO₂ 与 CREA 呈负相关($r = -0.195, P = 0.007$)。轻度 OSA 组血清 25(OH)D 水平显著高于中重度 OSA 组,差异有统计学意义($P = 0.018$)。结论 OSA 儿童的疾病严重程度与血清 UA 水平相关,睡眠期间的缺氧可能促进血清 CREA、BUN 水平升高,低水平的血清 25(OH)D 可能促进 OSA 儿童的发展。

关键词:阻塞性睡眠呼吸暂停; 睡眠质量; 儿童; 肾功能指标; 25-羟维生素 D

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2022.14.004

中图法分类号:R725.6

文章编号:1673-4130(2022)14-1679-05

文献标志码:A

The level of renal function indicators and 25-hydroxyvitamin D in children with obstructive sleep apnea^{*}

ZHOU Yuhao¹, YANG Chaoqi², YANG Minlan¹, CHEN Xiong^{1△}

1. Department of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery/Sleep Medical Center;

2. Department of Clinical Laboratory/Center for Gene Diagnosis, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan, Hubei 430071, China

Abstract: **Objective** To analyze the levels of serum uric acid (UA), creatinine (CREA), urea nitrogen (BUN) and 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D], and to investigate the relationship between sleep quality, renal function indicators and 25(OH)D level in children with obstructive sleep apnea (OSA). **Methods** A total of 188 school-age children who were admitted to the department of otorhinolaryngology, head and neck surgery, Zhongnan Hospital of Wuhan University for snoring symptoms from September 2020 to August 2021 were selected. The severity of OSA was assessed by apnea-hypopnea index (AHI) according to the results of polysomnography (PSG), and the children were divided into simple snoring group (23 cases), mild OSA group (107 cases), and moderate to severe OSA group (58 cases). The height, weight, body mass index (BMI), non-rapid eye movement (NREM) Ⅰ—Ⅲ sleep time, rapid eye movement (REM) sleep time, arousal index, average oxygen saturation (AvSaO₂) and the lowest oxygen saturation (LSaO₂) of all subjects were recorded. Clinical laboratory data including the levels of serum UA, CREA, BUN and 25(OH)D were collected from all subjects. The relationship between serum UA, CREA, BUN, 25(OH)D and the sleep monitoring indicators were analyzed. **Results** There were statistically significant differences in AHI, body weight, BMI and arousal index between

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金项目(82071033)。

作者简介: 周宇豪, 男, 在读硕士研究生, 主要从事睡眠呼吸障碍研究。 △ 通信作者, E-mail: zn_chenxiong@126.com。

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1176.R.20220623.1216.004.html\(2022-06-24\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1176.R.20220623.1216.004.html(2022-06-24))

simple snoring group, mild OSA group and moderate to severe OSA group ($P < 0.05$). AHI was positively correlated with UA ($r = 0.156, P = 0.033$) in patients with simple snoring, mild OSA group and moderate to severe OSA group. AvSaO₂ was negatively correlated with BUN ($r = -0.150, P = 0.040$), LSaO₂ was negatively correlated with CREA ($r = -0.195, P = 0.007$). Serum 25(OH)D level in mild OSA group was significantly higher than that in moderate to severe OSA group, the difference was statistically significant ($P = 0.018$). **Conclusion** The severity of OSA in children is closely related to the level of serum UA. Hypoxia during nocturnal sleep could promote the elevation of the levels of serum CREA and BUN. Low level of serum 25(OH)D might contribute to the development of OSA in children.

Key words: obstructive sleep apnea; sleep quality; children; renal function indicators; 25-hydroxyvitamin D

阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)是一种常见的睡眠相关呼吸障碍疾病,其特征是睡眠期间完全或部分上呼吸道的反复塌陷,伴有间歇性缺氧和睡眠片段化^[1-2]。与健康人群相比,OSA患者体内的炎症反应增强^[3-4]。尿酸(UA)、肌酐(CREA)和尿素氮(BUN)是临床的常见肾功能指标,与肾脏的炎症反应相关。25-羟维生素D[25(OH)D]在儿童生长发育过程中起关键作用,其水平降低可增加上呼吸道感染风险,引起扁桃体肥大及鼻炎,促进OSA儿童病情的发展^[5-7]。补充维生素D能抑制肾素-血管紧张素-醛固酮系统的活性,减少炎症损伤,保护肾脏功能^[8-10]。目前OSA儿童的睡眠质量与肾功能指标及25(OH)D的关系尚不明确,因此,本研究旨在对OSA儿童睡眠监测指标、肾功能指标及25(OH)D水平进行分析,为研究儿童睡眠健康提供新思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年9月至2021年8月因打鼾症状于武汉大学中南医院耳鼻咽喉-头颈外科就诊的188例学龄期儿童作为研究对象。纳入标准:(1)年龄6~14岁;(2)具有睡眠呼吸暂停症状。排除标准:(1)曾行腺样体或扁桃体切除术;(2)患中枢性呼吸暂停或低通气综合征;(3)伴有代谢性疾病,如糖尿病、高血压、高脂血症、甲状腺疾病或骨折等症状;(4)并发其他严重合并症,包括唐氏综合征、心肺功能疾病、神经肌肉疾病、精神疾病、遗传病;(5)合并肾脏疾病,如IgA肾病、肾微小病变、膜性肾病等;(6)合并严重感染性疾病;(7)近1个月内服用过可能影响血清肾功能指标和25(OH)D水平的药物,如钙剂、维生素D类药物、抗癫痫药、糖皮质激素等。记录研究对象性别、年龄、身高、体重并询问监护人其病史及用药史。本研究通过武汉大学中南医院医学伦理委员会批准(临研伦[2021056])。

1.2 研究方法 采用飞利浦 Alice 6 多导睡眠监测系统连续并同步描记患儿整夜睡眠过程中的心电、脑电、肌电、口鼻气流、胸腹运动、体位及指脉氧饱和度等信号。按照美国睡眠医学学会对睡眠分期和呼吸

事件判读规则^[11],由经过培训的专业技术人员进行判读和审核,分析睡眠脑电及相关事件,得到睡眠呼吸暂停低通气指数(AHI)、非快速动眼睡眠(NREM)Ⅰ~Ⅲ期睡眠时间、快速动眼睡眠(REM)睡眠时间、觉醒指数、平均血氧饱和度(AvSaO₂)和最低血氧饱和度(LSaO₂)等指标。根据研究对象打鼾症状的严重程度,遵循原发性打鼾(AHI<1)、轻度OSA($1 \leq \text{AHI} < 5$)和中重度OSA(AHI ≥ 5)的诊断标准^[12],将其分为单纯鼾症组(23例)、轻度OSA组(107例)和中重度OSA组(58例)。收集所有研究对象的临床实验室检查结果包括血清UA、CREA、BUN及25(OH)D水平。

1.3 统计学处理 采用SPSS25.0统计软件进行数据分析。计数资料以例数或百分率表示,组间比较行 χ^2 检验。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用LSD-t检验,多组间比较采用单因素方差分析(One-way ANOVA)。非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,两组间比较采用Mann-Whitney U检验,多组间比较采用Kruskal-Wallis单因素方差分析。采用Spearman秩相关分析睡眠监测指标与血清肾功能指标、25(OH)D水平的相关性。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3组儿童的生理指标及睡眠监测指标比较 单纯鼾症组23例,男10例(43.5%),女13例(56.5%),平均年龄(8.7 ± 1.8)岁;轻度OSA组107例,男59例(55.1%),女48例(44.9%),平均年龄(8.8 ± 2.1)岁;中重度OSA组58例,男38例(65.5%),女20例(34.5%),平均年龄(9.2 ± 2.5)岁。3组儿童的年龄及性别构成比比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。单纯鼾症组、轻度OSA组和中重度OSA组AHI、体重、BMI和觉醒指数比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),而身高、NREM-Ⅰ期睡眠时间占比、NREM-Ⅱ期睡眠时间占比、NREM-Ⅲ期睡眠时间占比、REM期睡眠时间占比、AvSaO₂和LSaO₂比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表1。

2.2 3 组睡眠监测指标与肾功能指标的相关性分析 采用 Spearman 秩相关分析单纯鼾症组、轻度 OSA 组和中重度 OSA 组睡眠监测指标和血清 UA、CREA、BUN 之间的相关性, AHI 与 UA 呈正相关($r=0.156, P=0.033$), AvSaO₂ 与 BUN 呈负相关($r=-0.150, P=0.040$), LSaO₂ 与 CREA 呈负相关($r=-0.195, P=0.007$), 其他睡眠监测指标与肾功能指标无相关性(均 $P>0.05$), 见表 2。

表 1 3 组儿童的生理指标及睡眠监测指标比较[$M(P_{25}, P_{75})$]

监测指标	单纯鼾症组(AHI<1)	轻度 OSA 组(1≤AHI<5)	中重度 OSA 组(AHI≥5)	<i>H</i>	<i>P</i>
AHI(次/小时)	0.4(0.2, 0.8)	2.6(1.4, 3.7)	7.3(5.9, 9.4)	146.748	<0.001
身高(cm)	140.0(130.0, 144.0)	138.0(125.0, 146.0)	139.0(130.0, 155.0)	3.160	0.206
体重(kg)	30.0(25.0, 38.0)	30.0(25.0, 37.0)	34.0(27.0, 50.0)	7.572	0.023
BMI(kg/m ²)	16.2(15.0, 18.1)	16.1(14.7, 18.4)	17.9(15.3, 20.4)	8.288	0.016
NREM-I 期睡眠时间占比(%)	6.5(2.9, 9.9)	5.7(3.7, 7.8)	6.5(4.4, 12.3)	4.742	0.093
NREM-II 期睡眠时间占比(%)	58.7(52.6, 64.3)	60.6(56, 65.7)	59.2(54.5, 64.3)	2.252	0.324
NREM-III 期睡眠时间占比(%)	13.4(10.0, 17.9)	13.0(7.9, 17.6)	11.2(7.9, 16.6)	0.687	0.709
REM 睡眠时间占比(%)	21.7(19.2, 24.4)	20.4(16.2, 23.3)	20.0(16.1, 23.0)	2.679	0.262
觉醒指数	6.9(4.5, 8.9)	8.4(6.6, 10.6)	11.4(8.9, 16.1)	37.132	<0.001
AvSaO ₂ (%)	97.0(95.3, 97.5)	97.0(95.8, 97.2)	96.6(95.4, 97.0)	1.643	0.440
LSaO ₂ (%)	91.0(89.0, 92.0)	90.0(88.0, 92.0)	89.0(86.0, 91.3)	3.268	0.195

表 2 3 组睡眠监测指标与肾功能指标的相关性

监测指标	UA		CREA		BUN	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
AHI	0.156	0.033	0.068	0.354	-0.073	0.321
NREM-I 期睡眠时间占比	0.031	0.672	-0.035	0.630	0.012	0.869
NREM-II 期睡眠时间占比	-0.073	0.318	-0.102	0.165	-0.075	0.305
NREM-III 期睡眠时间占比	0.051	0.489	0.094	0.200	0.070	0.337
REM 睡眠时间占比	-0.040	0.586	0.054	0.463	0.140	0.056
觉醒指数	0.095	0.197	-0.082	0.263	-0.094	0.199
AvSaO ₂	-0.050	0.497	-0.090	0.221	-0.150	0.040
LSaO ₂	-0.010	0.897	-0.195	0.007	-0.091	0.213

2.3 3 组 25(OH)D 水平分析 采用 Spearman 秩相关分析 3 组睡眠监测指标与血清 25(OH)D 之间的相关性, 结果显示, AvSaO₂ 与 25(OH)D 呈正相关($r=0.157, P=0.032$), 其他睡眠监测指标与 25(OH)D 无相关性(均 $P>0.05$), 见表 3。轻度 OSA 组血清 25(OH)D 水平显著高于中重度 OSA 组, 差异有统计学意义($P=0.018$)。

表 3 3 组睡眠监测指标与血清 25(OH)D 的相关性

监测指标	25(OH)D	
	<i>r</i>	<i>P</i>
AHI	-0.069	0.343
NREM-I 期睡眠时	-0.021	0.772
NREM-II 期睡眠时间占比	0.043	0.562
NREM-III 期睡眠时间占比	0.017	0.819
REM 睡眠时间占比	-0.030	0.682
觉醒指数	-0.082	0.264
AvSaO ₂	0.157	0.032
LSaO ₂	-0.043	0.555

3 讨 论

睡眠对于儿童身体和大脑发育至关重要。OSA 是儿童最常见的一类睡眠障碍疾病。睡眠过程中的间歇性缺氧可能导致活性氧的形成, 进而导致氧化应激、炎症和全身内皮功能障碍^[13]。OSA 伴随间歇性缺氧, 诱发血压升高, 增强交感神经系统和肾素-血管紧张素-醛固酮系统激活, 从而导致肾脏缺氧及肾小球高压, 继而引发肾脏损伤^[14]。分析 OSA 儿童的血清肾功能指标包括 UA、CREA、BUN 及 25(OH)D 水平与其睡眠质量、疾病严重程度的关系, 对了解 OSA 儿童病理、生理有一定的临床意义。

UA 是体内的核酸及含嘌呤的食物经过新陈代谢的产物^[15]。有研究资料指出, UA 可以促进氧化应激, 释放炎症因子, 参与慢性炎症损伤^[16]。对于 OSA 儿童而言, 夜间睡眠中反复呼吸暂停和睡眠结构紊乱, 会造成低氧血症、高碳酸血症等病理生理改变, 最终通过一系列复杂机制导致血清 UA 水平升高^[17], 而 UA 水平升高也是 OSA 严重程度的重要相关因

素^[18]。在 OSA 儿童中,与健康对照组相比,OSA 患儿的血清 UA 水平升高,且 UA 可作为氧化应激的有效指标^[19]。本研究发现,AHI 与 UA 呈正相关($r=0.156, P=0.033$),这与之前的研究结果一致^[17]。此外,UA 与儿童肥胖相关,肥胖儿童的 UA 水平异常检出率更高^[20]。肥胖是 OSA 的危险因素,同时 OSA 促进胰岛素抵抗,加重肥胖。因此 OSA 儿童可能由于肥胖导致其血清 UA 水平升高^[21]。然而 VERHULST 等^[22]的研究显示,尽管 OSA 的严重程度与血清 UA 水平升高存在相关性,但与腹部肥胖无关。

CREA 和 BUN 是临床上评价肾功能的常用指标。RIMKE 等^[23]在 OSA 合并慢性肾病患者中进行的一项随机对照试验表明,肾小球滤过率与夜间血氧饱和度呈正相关。另一项关于 OSA 与肾功能关系的研究证实,成年 OSA 患者存在肾功能损伤^[24]。本研究发现,AvSaO₂ 与 BUN 呈负相关($r=-0.150, P=0.040$),LSaO₂ 与 CREA 呈负相关($r=-0.195, P=0.007$)。这可能是由于夜间睡眠过程中的间歇性缺氧,导致鼾症儿童的肾脏血氧供给不足,肾小球滤过率下降;另一方面,缺氧激活肾素-血管紧张素系统,引起肾脏血管的敏感性下降,肾脏功能受损,从而引发血清 CREA 和 BUN 上升。目前,OSA 儿童存在的肾功能损害缺乏足够重视,缺氧对儿童肾功能的影响有待深入研究。

当肾脏功能受损时,血清维生素 D 水平明显降低,慢性肾脏病患者往往伴有维生素 D 的缺乏^[25]。维生素 D 作为儿童生长发育不可或缺的维生素之一,参与调节钙磷代谢与免疫反应^[26]。25(OH)D 是维生素 D 代谢的主要中间产物,能够反映维生素 D 的综合代谢水平,是评价机体维生素 D 营养状况的最佳指标^[7],会受到慢性缺氧的影响。SLIWICKA 等^[27]通过对男性登山者的研究表明,25(OH)D 与血氧饱和度相关,在高原缺氧环境下,机体血清 25(OH)D 水平下降。从机制上来说,维生素 D 通过抑制 OSA 患者核因子- κ B 信号传导和促炎细胞因子的产生,达到保护血管内皮功能的效果^[28]。REID 等^[29]的研究证实,低水平的血清 25(OH)D 易造成机体免疫力降低,增加上呼吸道感染风险,促进炎症反应发生,此过程也与扁桃体肿大有关。扁桃体肿大和慢性扁桃体炎均是 OSA 的病因之一,因此,低水平的维生素 D 可能促进 OSA 的发生发展。在本研究发现,轻度 OSA 儿童血清 25(OH)D 水平显著高于中重度 OSA 儿童。同时,低水平的 25(OH)D 会导致肾损伤^[30],而肾脏也影响着体内维生素 D 羟化过程,这可能降低体内维生素 D 活性。血清维生素 D 能够帮助探讨 OSA 儿童及其相关的生物学机制。

综上所述,OSA 儿童的血清肾功能指标包括

UA、CREA、BUN 及 25(OH)D 水平与其睡眠质量有关。OSA 儿童随着病程不断进展,其血清 UA 水平随之升高,睡眠期间的缺氧促进血清 CREA、BUN 水平升高,造成 OSA 儿童肾功能损伤,血清 25(OH)D 与 OSA 儿童的病情加重有关。这些指标为临床 OSA 儿童的诊治提供了新的思路。

参考文献

- [1] PATEL S R. Obstructive sleep apnea[J]. Ann Intern Med, 2019, 171(11): 81-96.
- [2] GREENSTONE M, HACK M. Obstructive sleep apnoea[J]. BMJ, 2014, 348(1): g3745.
- [3] JAVAHERI S, BARBE F, CAMPOS-RODRIGUEZ F, et al. Sleep apnea: types, mechanisms, and clinical cardiovascular consequences[J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 69(7): 841-858.
- [4] REUTRAKUL S, MOKHLESI B. Obstructive sleep apnea and diabetes: a state of the art review[J]. Chest, 2017, 152(5): 1070-1086.
- [5] LAGISHETTY V, LIU N Q, HEWISON M. Vitamin D metabolism and innate immunity[J]. Mol Cell Endocrinol, 2011, 347(1/2): 97-105.
- [6] ESPOSITO S, LELI M. Vitamin D and respiratory tract infections in childhood[J]. BMC Infect Dis, 2015, 15(1): 487.
- [7] 刘婷, 王岩, 李延忠. 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征儿童中血清维生素 D 检测的意义[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2017, 31(1): 21-26.
- [8] UNNIKRISHNAN D, JUN J, POLOTSKY V. Inflammation in sleep apnea: an update[J]. Rev Endocr Metab Disord, 2015, 16(1): 25-34.
- [9] MARIANI L H, WHITE M T, SHULTS J, et al. Increasing use of vitamin D supplementation in the chronic renal insufficiency cohort study[J]. J Ren Nutr, 2014, 24(3): 186-193.
- [10] ZHOU, G Q, KONG X D. Study on the effect of combination of prednisone and vitamin d in the treatment of primary nephrotic syndrome in children[J]. J Healthc Eng, 2021, 2021(1): 7932721.
- [11] SATEIA M J. International classification of sleep disorders-third edition: highlights and modifications [J]. Chest, 2014, 146(5): 1387-1394.
- [12] KANG K T, CHANG I S, TSENG C C, et al. Impacts of disease severity on postoperative complications in children with sleep-disordered breathing[J]. Laryngoscope, 2017, 127(11): 2646-2652.
- [13] OZKOK A, KANBAY A, ODABAS A R, et al. Obstructive sleep apnea syndrome and chronic kidney disease: a new cardiorenal risk factor [J]. Clin Exp Hypertens, 2014, 36(4): 211-216.
- [14] LIN C H, LURIE R C, LYONS O D. Sleep apnea and

- chronic kidney disease: a state-of-the-art review [J]. Chest, 2020, 157(3): 673-685.
- [15] MOREIRA M C, CABELLO R, DÍAZ V, et al. Gout, hyperuricaemia, sleep apnoea-hypopnoea syndrome and vascular risk[J]. Rheumatology(Oxford), 2013, 52(9): 1619-1622.
- [16] 孙金英. 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征患者尿酸水平及其与心血管疾病的相关性研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2021.
- [17] 孙建光, 谭欣, 智利霞, 等. 阻塞性睡眠呼吸暂停综合征对血尿酸水平的影响[J]. 临床肺科杂志, 2013, 18(6): 1126-1127.
- [18] ZHENG C Y, SONG H Q, WANG S H, et al. Serum uric acid is independently associated with risk of obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome in Chinese patients with type 2 diabetes[J]. Dis Markers, 2019, 2019(1): 4578327.
- [19] ABDULNABY N K, SAYED A O, SHALABY N M. Predictive value of serum uric acid in hospitalized adolescents and adults with acute asthma[J]. Ther Clin Risk Manag, 2016, 12(1): 1701-1708.
- [20] 吴汝香, 林珊. 儿童肥胖与高尿酸血症的相关性分析[J]. 国际检验医学杂志, 2015, 36(3): 322-323.
- [21] GUNDUZ C, BASOGLU O K, HEDNER J, et al. Hyperlipidaemia prevalence and cholesterol control in obstructive sleep apnoea: data from the European sleep apnea database(ESADA) [J]. J Intern Med, 2019, 286(6): 676-688.
- [22] VERHULST S L, VAN HOECK K, SCHRAUWEN N, et al. Sleep-disordered breathing and uric acid in overweight and obese children and adolescents [J]. Chest, 2007, 132(1): 76-80.
- [23] RIMKE A N, AHMED S B, TURIN T C, et al. Effect of CPAP therapy on kidney function in patients with chronic kidney disease: a pilot randomized controlled trial [J]. Chest, 2021, 159(5): 2008-2019.
- [24] 宋凡, 易红良. OSA 与肾功能关系的初步研究[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2019, 33(4): 298-303.
- [25] JEAN G, SOUBERBIELE J C, CHAZOT C. Vitamin D in chronic kidney disease and dialysis patients[J]. Nutrients, 2017, 9(4): 328.
- [26] JORDE R, GRIMNES G. Vitamin D and metabolic health with special reference to the effect of vitamin D on serum lipids[J]. Prog Lipid Res, 2011, 50(4): 303-312.
- [27] SLIWICKA E, CISOŃT, KASPRZAK Z, et al. Serum irisin and myostatin levels after 2 weeks of high-altitude climbing[J]. PLoS One, 2017, 12(7): e0181259.
- [28] KIM D H, MEZA C A, CLARKE H, et al. Vitamin D and endothelial function[J]. Nutrients, 2020, 12(2): 575.
- [29] REID D, MORTON R, SALKELD L, et al. Vitamin D and tonsil disease—preliminary observations[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2011, 75(2): 261-264.
- [30] GRAIDIS S, PAPAVERAMIDIS T S, PAPAIOANNOU M. Vitamin D and acute kidney injury: a two-way causality relation and a predictive, prognostic, and therapeutic role of vitamin D[J]. Front Nutr, 2020, 7(1): 630951.

(收稿日期: 2021-12-10 修回日期: 2022-06-21)

(上接第 1678 页)

- [6] NILSSON G, BUDD J R, GREENBERG N, et al. IFCC working group recommendations for assessing commutability part2: using the difference in bias between a reference material and clinical samples[J]. Clin Chem, 2018, 64(3): 455-464.
- [7] BUDD J R, WOYKAMP C, REJ R, et al. IFCC working group recommendations for assessing commutability part 3: using the calibration effectiveness of a reference material[J]. Clin Chem, 2018, 64(3): 465-474.
- [8] 刘庆香, 张天娇, 龙琪琛, 等. 参考物质互通性评价方案[J]. 检验医学, 2021, 36(3): 245-249.
- [9] 陈宝荣, 孙慧颖, 刘春龙, 等. 一种新的互换性方案在总胆红素候选标准物质材料互换性评价中的应用[J]. 临床检验杂志, 2016, 34(11): 804-807.
- [10] 龙琪琛, 张天娇, 闫颖, 等. 16 种 17-羟孕酮制备物基于两种评价方案的互通性研究[J]. 中华检验医学杂志, 2020, 43(1): 44-50.
- [11] 陈宝荣, 邵燕, 刘春龙, 等. 不同评价方法对标准物质互换性评价结果的影响[J]. 临床检验杂志, 2016, 34(11): 808-812.
- [12] 王尉, 李虎金, 卢楠, 等. 同型半胱氨酸室内质控物互换性研究[J]. 标记免疫分析与临床, 2020, 27(11): 1986-1989.
- [13] 洪生静, 谢小娟, 周伶俐, 等. 血浆纤维蛋白原不同检测系统间检测结果的一致性分析及质控品的互通性探讨[J]. 现代检验医学志, 2021, 36(2): 105-110.
- [14] 周伟燕, 刘庆香, 刘珍妮, 等. 计量溯源性和临床检验参考系统[J]. 临床检验杂志, 2020, 38(10): 721-728.
- [15] 中国合格评定国家认可委员会. 医学实验室质量和能力认可准则在临床化学检验领域的应用说明: CNAS-CL38 [S]. 北京: 中国合格评定国家认可委员会, 2014.

(收稿日期: 2021-08-06 修回日期: 2022-07-04)