

早产儿骨代谢指标的影响因素分析

杨冬,白瑞苗,杨云帆

西北妇女儿童医院新生儿科,陕西 西安 710061

摘要: **目的** 分析早产儿骨代谢指标相关影响因素,为新生儿骨代谢异常的早发现和早预防提供临床依据。**方法** 收集 2022 年 1 月 1 日—12 月 1 日西北妇女儿童医院符合入选标准的早产儿 189 例,进行回顾性分析。分别对胎龄、出生体重与出生时骨代谢指标[血清钙、磷、25(OH)D、碱性磷酸酶(ALP)]进行相关性分析。针对早产儿代谢性骨病(MBDP)高危人群(胎龄 <32 周),分析其围生期不同影响因素对出生时血清钙、磷、25(OH)D 以及 ALP 水平的影响。**结果** 早产儿骨代谢指标中血清钙与胎龄、出生体重呈正相关($r=0.364, 0.311, P<0.05$),血清 ALP 与胎龄、出生体重均呈负相关($r=-0.294, -0.261, P<0.05$),血清磷与出生体重呈正相关($r=0.186, P<0.05$)。在 MBDP 高危人群(胎龄 <32 周)中,剖宫产组、胎儿宫内发育迟缓(IUGR)组、窒息/低 Apgar 评分组、妊娠期高血压疾病组血清磷分别低于顺产组、非 IUGR 组、非窒息/低 Apgar 评分组及非妊娠期高血压组($t=2.128, 4.718, 2.543, 4.134, P<0.05$);IUGR 组、妊娠期高血压疾病组 ALP 分别低于非 IUGR 组及非妊娠期高血压疾病组($Z=-1.846, -2.844, P<0.05$);妊娠期糖尿病组血清 25(OH)D 水平高于非妊娠期糖尿病组($Z=-2.410, P<0.05$)。多重线性回归分析提示 IUGR 与高危儿血清磷水平具有相关性($\beta=-0.231, P<0.05$),妊娠期高血压与 ALP 水平具有相关性($\beta=-60.360, P<0.05$)。**结论** 早产儿骨代谢指标与其胎龄、出生体重存在明显相关性;针对 MBDP 高危人群(胎龄 <32 周),IUGR 是血清磷异常的危险因素,妊娠期高血压是 ALP 降低的影响因素,建议结合妊娠女性实际情况予以针对性干预,降低 MBDP 发生率。

关键词: 出生体重; 出生胎龄; 早产儿代谢性骨病

中图分类号:R722.6 文献标识码:A 文章编号:1008-6579(2025)03-0335-05 doi:10.11852/zgetbjzz2024-0410

Influencing factors of bone metabolism indicators in premature infants

YANG Dong, BAI Ruimiao, YANG Yunfan

Northwest Women and Children's Hospital, Xi'an, Shaanxi 710061, China

Corresponding author: YANG Yunfan, E-mail: yangyunfan0318@163.com

Abstract: **Objective** To analyze factors related to bone metabolism indicators in premature infants, so as to provide clinical evidence for early detection and prevention of neonatal metabolic bone disorders. **Methods** A total of 189 preterm infants who met the inclusion criteria from January 1st to December 1st, 2022, at the Northwest Women's and Children's Hospital were collected for retrospective analysis. The correlations of gestational age, birth weight with bone metabolism indicators at birth was analyzed, including serum calcium, phosphorus, 25(OH)D, alkaline phosphatase (ALP). For high-risk groups of metabolic bone disease of preterm (MBDP) infants (gestational age <32 weeks), the impact of different perinatal factors on the levels of serum calcium, phosphorus, 25(OH)D, and ALP at birth was analyzed. **Results** Serum calcium in preterm infants was positively correlated with gestational age and birth weight ($r=0.364, 0.311, P<0.05$), while serum ALP was negatively correlated with gestational age and birth weight ($r=-0.294, -0.261, P<0.05$), and serum phosphorus was positively correlated with birth weight ($r=0.186, P<0.05$). In the study of high-risk MBDP groups (gestational age <32 weeks), the serum phosphorus levels in the cesarean section group, IUGR group, asphyxia/low Apgar score group, and pregnancy-induced hypertension group were lower than those in the natural labor group, non-IUGR group, non-asphyxia/low Apgar score group, and non-pregnancy-induced hypertension group ($t=2.128, 4.718, 2.543, 4.134, P<0.05$). ALP in the IUGR group and pregnancy-induced hypertension group was lower than that in the non-IUGR group and non-pregnancy-induced hypertension group ($Z=-1.846, -2.844, P<0.05$); serum 25(OH)D level in the gestational diabetes group was higher than that in the non-gestational diabetes group ($Z=-2.410, P<0.05$). Multiple linear regression analysis suggested that IUGR was significantly associated with serum phosphorus level in high-risk infants ($\beta=-0.231, P<0.05$), and pregnancy-induced hypertension was significantly associated with ALP level ($\beta=-60.360, P<0.05$). **Conclusions** Bone metabolism markers in preterm infants are significantly correlated with

基金项目:陕西省重点研发计划一般项目(2024SF-YBXM-311)

作者简介:杨冬(1985—),女,硕士学位,主要研究方向为新生儿疾病。

通信作者:杨云帆, E-mail: yangyunfan0318@163.com

gestational age and birth weight. For high-risk MBDP infants (gestational age < 32 weeks), IUGR is an risk factor for abnormal serum phosphorus levels, and hypertensive disorders of pregnancy are influencing factors for reduced ALP levels. Targeted interventions based on maternal conditions are recommended to reduce the incidence of MBDP.

Keywords: birth weight; gestational age at birth; metabolic bone disease of prematurity

早产儿、低出生体重儿由于胎儿期自身储备矿物质少、消化道发育不成熟、摄入受限及并发症的影响,易导致骨合成及骨吸收失衡,出现骨代谢异常^[1]。早期骨代谢异常缺乏典型临床症状,且缺乏高敏感性和特异性的检查指标,早期诊断困难^[2]。晚期则可能出现严重并发症,如发育迟缓、自发性骨折等,影响生存质量。胎龄 < 32 周是早产儿代谢性骨病(metabolic bone disease of prematurity, MBDP)的高危因素^[3-4],而不同围生期因素[如分娩方式、胎儿宫内发育迟缓(intrauterine growth retardation, IUGR)、出生窒息/低评分、母孕期糖尿病和高血压]对血清钙、磷、25-羟基维生素 D [25 hydroxyvitamin D, 25(OH)D]以及血清碱性磷酸酶(alkaline phosphatase, ALP)等骨代谢指标的影响尚无定论。本研究通过分析出生胎龄、出生体重及高危人群(胎龄 < 32 周)围生期高危因素对骨代谢的影响,旨在帮助临床医生早期识别、针对性预防及治疗,从而预防早产儿骨代谢异常的发生,或减轻其严重程度,改善早产儿远期生长发育。

1 对象和方法

1.1 对象 在选取 2022 年 1 月 1 日—12 月 31 日期间在西北妇女儿童医院新生儿科住院的早产儿作为研究对象。纳入标准:1)本院分娩,母亲孕期资料完整;2)出生胎龄 < 37 周;3)新生儿娩出后 12h 之内转入新生儿科,且出生时血清钙、磷、25(OH)D 以及 ALP 资料完整。排除标准:1)患有先天性畸形、遗传代谢性疾病、先天性免疫缺陷疾病等的新生儿;2)临床病历资料重要信息缺失者。本研究获得西北妇女儿童医院伦理委员会的批准(批准号:2023-028)。

1.2 方法

1.2.1 资料收集 根据纳入及排除标准,符合入选标准的早产儿 189 例,进行回顾性分析。主要包括:1)新生儿基本情况:胎龄、出生体重、是否 IUGR 等;2)母亲围生期病史:产前是否合并妊娠期高血压、糖尿病等疾病;3)出生时病史:出生时有无窒息/低 Apgar 评分、生产方式等;4)骨代谢相关生化指标:出生时血清钙、磷、ALP、25(OH)D 等。分别将不同胎龄及出生体重早产儿与出生时骨代谢指标[钙、

磷、25(OH)D、ALP]进行相关性分析。针对代谢性骨病高危人群(胎龄 < 32 周),比较不同影响因素(分娩方式、是否 IUGR、是否出生窒息/低评分、母孕期是否合并妊娠期高血压及糖尿病)对出生时血清钙、磷、25(OH)D 以及 ALP 水平的影响。

1.2.2 标本采集 本研究纳入的所有新生儿入院后均抽取静脉血 2mL,于黄色含有促凝剂血清管内,常温保存,采用酶联免疫法对血标本先进行 25(OH)D 检测,剩余血标本进行血清钙、磷以及 ALP 检测。检验仪器:雅培 i2000 全自动化学发光免疫分析仪(雅培公司);全自动生化分析仪贝克曼 AU 5800 水平测定。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 21.0 统计软件进行统计学分析。计量资料进行正态性检验和方差齐性检验,若符合正态分布且方差齐性,则采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用 t 检验;若不符合正态分布,采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,两组间比较使用秩和检验。危险因素分析采用多重线性回归,各计量资料间的相关分析采用 Spearman 秩相关分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象一般情况 研究纳入早产儿 189 例,其中胎龄 < 28 周 25 例、28~ < 32 周 115 例、32~ < 37 周 49 例;出生体重 $< 1\,000$ g 25 例、1 000~ $< 1\,500$ g 101 例、1 500g~ $< 2\,500$ g 55 例、出生体重 $\geq 2\,500$ g 8 例。

2.2 胎龄、出生体重与新生儿骨代谢指标的相关性分析 将胎龄、出生体重与新生儿骨代谢指标血清钙、磷、25(OH)D、ALP 分别行相关性分析。结果显示,新生儿骨代谢指标中血清钙与胎龄、出生体重均呈正相关($P < 0.05$);血清磷与出生体重呈正相关($P < 0.05$);ALP 与胎龄、体重均呈负相关($P < 0.05$)。见表 1。

2.3 高危早产儿骨代谢指标的影响因素分析 将 140 例胎龄 < 32 周、MBDP 患病风险较高的早产儿进行单因素分析,结果显示,剖宫产组、IUGR 组、窒息/低 Apgar 评分组、妊娠期高血压疾病组血清磷分别低于顺产组、非 IUGR 组、非窒息/低 Apgar 评分组及非妊娠期高血压组,差异有统计学意义($P < 0.05$);

表 1 胎龄、出生体重与新生儿骨代谢指标相关性分析
Tab. 1 Correlation analysis of gestational age, birth weight, and neonatal bone metabolism markers

指标	出生胎龄		出生体重	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
钙	0.364	<0.001	0.311	<0.001
磷	0.089	0.167	0.186	0.040
25(OH)D	-0.045	0.490	-0.048	0.458
ALP	-0.294	<0.001	-0.261	<0.001

IUGR 组、妊娠期高血压疾病组 ALP 分别低于非 IUGR 组及非妊娠期高血压疾病组,差异具有统计

学意义($P<0.05$);妊娠期糖尿病组血清 25(OH)D 水平高于非妊娠期糖尿病组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。见表 2。以骨代谢指标为因变量,将上述单因素差异分析及相关性分析中具有统计学意义的变量,纳入多重线性回归分析,建立不同骨代谢指标的多重线性回归模型,结果显示,IUGR 与高危儿血清磷水平具有相关性($\beta=-0.231,95\%CI:-0.431\sim-0.031,P=0.024$),妊娠期高血压与 ALP 水平具有相关性($\beta=-60.360,95\%CI:-103.560\sim-17.167,P=0.007$)。

表 2 早产儿围生期因素与骨代谢指标单因素分析
Tab. 2 Univariate difference analysis of perinatal factors and bone metabolism indicators in premature infants

组别	例数	钙(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	磷(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	ALP[U/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	25(OH)D [ng/mL, $M(P_{25}, P_{75})$]
顺产组	50	2.14±0.36	1.82±0.38	265.72(205.21, 314.29)	8.20(6.05, 11.93)
剖宫产组	90	2.17±0.41	1.67±0.41	222.23(175.07, 300.27)	7.80(5.40, 11.48)
<i>t/Z</i> 值		0.433 ^a	2.128 ^a	-2.022 ^b	-0.907 ^b
<i>P</i> 值		0.667	0.035	0.190	0.820
IUGR 组	36	2.23±0.38	1.46±0.49	212.51(159.92, 258.04)	6.55(4.90, 11.28)
非 IUGR 组	104	2.14±0.39	1.81±0.34	243.11(188.74, 315.66)	8.35(5.63, 11.88)
<i>t/Z</i> 值		1.201 ^a	4.718 ^a	-1.846 ^b	-1.187 ^b
<i>P</i> 值		0.232	<0.001	0.045	0.135
窒息/低 Apgar 评分组	35	2.19±0.38	1.57±0.49	244.49(148.77, 323.73)	7.70(6.00, 16.00)
非窒息/低 Apgar 评分组	105	2.15±0.40	1.77±0.37	234.33(189.89, 303.91)	8.20(5.50, 10.85)
<i>t/Z</i> 值		0.519 ^a	2.543 ^a	-0.378 ^b	-1.049 ^b
<i>P</i> 值		0.605	0.012	0.974	0.080
妊娠期糖尿病组	32	2.18±0.40	1.74±0.39	261.08(210.34, 303.99)	10.60(6.03, 12.88)
非妊娠期糖尿病组	108	2.16±0.39	1.72±0.42	232.99(175.33, 310.40)	7.25(5.45, 10.65)
<i>t/Z</i> 值		0.253 ^a	0.240 ^a	-1.310 ^b	-2.410 ^b
<i>P</i> 值		0.800	0.810	0.132	0.017
妊娠期高血压疾病组	36	2.22±0.29	1.49±0.46	206.27(159.08, 258.75)	6.50(5.40, 11.50)
非妊娠期高血压疾病组	104	2.14±0.42	1.80±0.36	248.77(193.76, 316.91)	8.70(5.60, 11.95)
<i>t/Z</i> 值		1.058 ^a	4.134 ^a	-2.844 ^b	-1.574 ^b
<i>P</i> 值		0.292	<0.001	0.007	0.229

注:^a*t* 值,^b*Z* 值。

3 讨论

血清钙、磷、ALP、25(OH)D 等指标与新生儿骨代谢密切相关,早产儿在产前、产时、产后受多种因素影响可能导致骨代谢异常^[5]。这些异常在生后可能表现为呼吸机依赖、宫外发育迟缓及自发性骨折等,远期可能影响身高、体重及成年后的骨骼健康^[6]。分析骨代谢指标与出生胎龄、出生体重、分娩方式、产时情况及母体妊娠期并发症的关系,有助于早期识别高危新生儿,为营养素补充提供参考,预防骨代谢疾病。

3.1 出生胎龄、出生体重与骨代谢的关系 人体内约 99% 的钙、85% 的磷及 65% 的镁储存于骨组织中,约 80% 的钙和磷在胎儿第 24~40 周储备^[7],骨体积随胎龄增长逐渐增加^[8],孕周越小,胎儿从母体

获得的钙、磷及其他合成骨结构的原料越少。本研究显示,早产儿血清钙及 ALP 水平与胎龄显著相关,血清钙水平随着胎龄的增长而升高。对于早产儿,尤其是胎龄小于 32 周的早产儿而言,钙储备时间较短、储备量不足,甲状旁腺功能未成熟,肾环磷酸腺苷对甲状旁腺反应低,尿磷排泄减少,维生素 D 代谢异常,早产儿无法对血钙水平进行合理调节,因此,胎龄越小,出生时血钙越低。另一方面,ALP 水平随着胎龄的增长而降低,ALP 与骨骼正常生长发育密切相关,当骨骼矿化受阻时,成骨细胞将合成大量 ALP。MBDP 中国专家共识指出^[9],ALP>900U/L,血清磷<1.8mmol/L,高度提示 MBDP。综上,胎龄是影响新生儿骨代谢的重要因素。

低出生体重儿胃肠道功能尚未完全发育,肠内营养建立困难,且出生后液体限制影响其营养摄入,

导致矿物质摄入不足。此外,低出生体重儿肾脏发育不完全,钙、磷等矿物质经尿排泄增加,且快速追赶生长过程中矿物质消耗量增加,使得低出生体重儿骨代谢异常及 MBDP 风险远高于正常体重足月儿^[10]。Schulz 等^[11]的研究显示,MBDP 在极低及超低出生体重早产儿中发病率分别高达 32% 和 54%。因此,出生体重是除胎龄外的另一 MBDP 高危因素。本研究中,早产儿出生体重与血清钙、磷及 ALP 显著相关($P < 0.05$),出生体重越小,血清钙、磷水平越低,ALP 水平越高。

3.2 高危早产儿骨代谢异常的影响因素 在母体与胎儿营养物质转运过程中,钙通过高亲和力钙泵经胎盘运输,甲状旁腺激素(parathyroid hormone, PTH)刺激 25(OH)D 与胎盘钙受体结合,促进钙和磷向胎儿转运。胎盘功能不全或受损(如绒毛膜羊膜炎、妊娠期高血压、感染等)会影响钙磷转移,导致胎儿骨质减少,增加骨代谢异常及 MBDP 的风险^[12]。因此,产前危险因素包括可能损害胎盘营养传递的各种情况。

本研究发现,胎龄 < 32 周的早产儿中,剖宫产组的血清磷显著低于顺产组。剖宫产时,母体在手术和应激状态下释放高水平皮质醇,可能导致骨骼中矿物质流失,尤其是钙,从而引发 PTH 分泌增加和磷排泄增多,导致新生儿血清磷水平降低。此外,剖宫产可能影响母体和新生儿之间的激素和营养物质交换,因此,剖宫产可能是影响骨代谢的高危因素之一。

3.2.1 IUGR 对高危早产儿骨代谢的影响 IUGR 可由母体、胎儿或胎盘因素引起。母体营养不良和维生素 D₃ 缺乏可能导致胎盘着床不良和滋养层细胞改变,从而导致 IUGR;同时,胎盘功能不全影响营养物质的转运,IUGR 和母体维生素 D₃ 缺乏互为因果^[13]。本研究中,非 IUGR 组血清磷水平显著高于 IUGR 组,进一步开展多因素分析提示,IUGR 与高危儿血清磷水平具有相关性($\beta = -0.231, 95\% CI: -0.431 \sim -0.031, P < 0.05$),该结论目前尚无其他研究提出,本文分析原因可能与胎盘慢性损伤影响磷的转运有关。此外,非 IUGR 组 ALP 水平显著高于 IUGR 组,这也可能与胎盘功能减弱或损害,导致 ALP 释放减少有关。

3.2.2 窒息/低 Apgar 评分对高危早产儿骨代谢的影响 本研究发现,窒息/低 Apgar 评分组血清磷水平显著降低,可能是由于缺氧导致乳酸和其他代谢产物积累,引发酸中毒。为应对酸中毒,机体调整磷代谢以释放磷酸盐,氢离子与磷酸根离子结合形成

二氢磷酸盐,导致血清磷浓度降低。缺氧情况下,细胞能量代谢急剧变化,细胞内磷以三磷酸腺苷形式存在,缺氧时细胞利用三磷酸腺苷来产生能量,分解为二磷酸腺苷和无机磷,初期释放无机磷到细胞外液中,血清磷暂时增加,但缺氧持续导致细胞磷储备耗尽,最终出现低磷血症^[14]。

3.2.3 妊娠期糖尿病对高危早产儿骨代谢的影响

相关研究表明,怀孕期间 25(OH)D 不足与妊娠期糖尿病风险增加相关^[15],维生素 D 可与胰岛 β 细胞内维生素受体结合,促进胰岛素分泌。孕妇维生素 D 缺乏可能导致胰岛 β 细胞功能受损,胰岛素敏感度降低。然而,在本研究中,妊娠期糖尿病组的血清 25(OH)D 水平反而显著高于非妊娠期糖尿病组。考虑与本院妊娠期糖尿病专科门诊加强对妊娠期糖尿病患者血清 25(OH)D 水平的监测,对缺乏孕妇及时补充及调整剂量,有效提高了糖尿病母亲及其新生儿的血清 25(OH)D 水平。妊娠期糖尿病与母亲孕期 25(OH)D 水平的关系仍需大样本多中心研究进一步探讨。

3.2.4 妊娠期高血压疾病对高危早产儿骨代谢的影响

维生素 D 缺乏被认为是妊娠期高血压疾病发生的高危因素之一^[16],其在新生儿的骨代谢中起着重要作用。妊娠期高血压疾病影响胎盘的功能,导致胎儿生长受限和早产,同时妨碍钙、磷等矿物质的传输,影响胎儿骨骼发育。治疗妊娠期高血压疾病常用的硫酸镁通过胎盘进入胎儿体内,可能与钙代谢竞争,影响钙、镁平衡,进而扰乱甲状旁腺激素、钙、磷的平衡,导致胎儿骨钙被镁替代,引起新生儿骨萎缩。有研究表明,使用硫酸镁超过 5d 是骨代谢异常的高危因素^[17]。本研究发现,妊娠期高血压疾病组血清磷水平低于非妊娠期高血压疾病组($P < 0.05$),说明妊娠期高血压可能对胎儿骨骼发育产生不良影响。此外,妊娠期高血压是 ALP 降低的独立影响因素($\beta = -60.360, 95\% CI: -103.560 \sim -17.167, P < 0.05$),而妊娠期高血压疾病组较低的 ALP 水平,可能因为胎盘功能的减弱或损害以及硫酸镁的使用,导致胎儿矿物质摄取不足,影响成骨细胞的活性,从而导致 ALP 水平降低。

本研究存在一定局限性。首先,样本量相对较小,可能限制了统计效力,尤其是在多因素分析中;其次,本研究为回顾性研究,无法确定变量之间的因果关系,进一步前瞻性研究将有助于明确多种变量之间的因果关联。为了更进一步探讨早产儿骨代谢指标的危险因素,未来将采用更大样本量的前瞻性研究设计。

综上所述,针对孕期存在高危因素的母亲,特别是早产风险较高的情况,应通过高危因素筛查,确定风险等级,确保胎盘功能正常,及时进行饮食指导、营养补充,同时注意合理使用药物,避免药物对胎儿造成的不良影响;新生儿娩出后,对于早产儿,低出生体重儿,尤其是 32 周以下、存在母体妊娠期高血压疾病、IUGR 等高危因素的高危儿,应该加强监测、及早干预,及时补充适合比例的钙、磷元素和维生素 D,以促进骨骼的正常发育和健康生长,改善远期预后。

参考文献

- [1] 徐佳鑫,李向红,王小虎,等. 早产儿代谢性骨病的临床高危因素分析[J]. 中华临床营养杂志, 2019, 27(6): 374-380.
Xu JX, Li XH, Wang XH, et al. Clinical high-risk factors of metabolic bone disease in very low birth weight infants [J]. Chin J Clin Nutr, 2019, 27(6): 374-380. (in Chinese)
- [2] Yasmeen A, Jackson A. Bone health of extremely preterm infants: Screening, monitoring and management of metabolic bone disease of prematurity[J]. Infant, 2020, 16(5): 204-207.
- [3] 贺晓日,梁灿,俞元强,等. 极低/超低出生体重早产儿代谢性骨病危险因素的全国多中心调查[J]. 中国当代儿科杂志, 2021, 23(6): 555-562.
He XR, Liang C, Yu YQ, et al. Risk factors for metabolic bone disease of prematurity in very/extremely low birth weight infants: A multicenter investigation in China[J]. CJCP, 2021, 23(6): 555-562. (in Chinese)
- [4] 郭佳林,刘江勤,花静. 早产儿代谢性骨病高危因素及诊断的研究进展[J]. 中国妇幼健康研究, 2022, 33(5): 126-130.
Guo JL, Liu JQ, Hua J. Research advances on high-risk factors and diagnosis of metabolic bone disease in preterm infants[J]. Chinese Journal of Woman Child Health Research, 2022, 33(5): 126-130. (in Chinese)
- [5] 徐力平. 极低出生体重儿骨代谢指标的动态监测分析[J]. 宁夏医学杂志, 2018, 40(2): 117-119.
Xu LP. Dynamic study of bone metabolism index in preterm infants with very low birthweight[J]. Ningxia Med J, 2018, 40(2): 117-119. (in Chinese)
- [6] Chin LK, Doan J, Teoh YSL, et al. Outcomes of standardised approach to metabolic bone disease of prematurity[J]. J Paediatr Child Health, 2018, 54(6): 665-670.
- [7] Rayannavar A, Calabria AC. Screening for metabolic bone disease of prematurity [J]. Semin Fetal Neonatal Med, 2020, 25(1): 101086.
- [8] Avila-Alvarez A, Urisarri A, Fuentes-Carballal J, et al. Metabolic bone disease of prematurity: Risk factors and associated short-term outcomes [J]. Nutrients, 2020, 12(12): 3786.
- [9] 常艳美,林新祝,张蓉,等. 早产儿代谢性骨病临床管理专家共识(2021 年)[J]. 中国当代儿科杂志, 2021, 23(8): 761-772.
Chang YM, Lin XZ, Zhang R, et al. Expert consensus on clinical management of metabolic bone disease of prematurity (2021)[J]. CJCP, 2021, 23(8): 761-772. (in Chinese)
- [10] Matejek T, Navratilova M, Zaloudkova L, et al. Vitamin D status of very low birth weight infants at birth and the effects of generally recommended supplementation on their vitamin D levels at discharge[J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2020, 33(22): 3784-3790.
- [11] Schulz EV, Wagner CL. History, epidemiology and prevalence of neonatal bone mineral metabolic disorders[J]. Semin Fetal Neonatal Med, 2020, 25(1): 101069.
- [12] Mihatsch W, Fewtrell M, Goulet O, et al. ESPGHAN/ESPEN/ESPR/CSPEN guidelines on pediatric parenteral nutrition: Calcium, phosphorus and magnesium[J]. Clin Nutr, 2018, 37(6): 2360-2365.
- [13] Wang J, Zhao Q, Chen B, et al. Risk factors for metabolic bone disease of prematurity: A Meta-analysis [J]. PLoS One, 2022, 17(6): e0269180.
- [14] Hagag AA, El Frargy MS, Abd El-Latif AE. Vitamin D as an adjuvant therapy in neonatal hypoxia: Is it beneficial? [J]. Endocr Metab Immune Disord Drug Targets, 2019, 19(3): 341-348.
- [15] Oliver C, Watson C, Crowley E, et al. Vitamin and mineral supplementation practices in preterm infants: A survey of Australian and New Zealand neonatal intensive and special care units[J]. Nutrients, 2020, 12(1): 51.
- [16] Fogacci S, Fogacci F, Banach M, et al. Vitamin D supplementation and incident preeclampsia: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials[J]. Clin Nutr, 2020, 39(6): 1742-1752.
- [17] Chinoy A, Mughal MZ, Padidela R. Metabolic bone disease of prematurity: Causes, recognition, prevention, treatment and long-term consequences[J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2019, 104(5): F560-F566.

收稿日期:2024-04-10 修回日期:2024-09-19 本文编辑:李少闻