

伊班膦酸治疗脑瘫和脊柱裂患者中期骨密度动态分析

BONE MINERAL DENSITY IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY AND SPINA BIFIDA TREATED WITH IBANDRONATE

© V.M. Kenis, A.V. Sapogovskiy, T.N. Prokopenko, A.N. Bergaliyev, S.V. Ivanov, T.I. Kiseleva

H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia

■ For citation: Kenis VM, Sapogovskiy AV, Prokopenko TN, et al. Bone mineral density in children with cerebral palsy and spina bifida treated with ibandronate. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2020;8(2):129-136. <https://doi.org/10.17816/PTORS33961>

Received: 25.03.2020

Revised: 30.04.2020

Accepted: 08.06.2020

论证: 近年来, 二膦酸盐越来越多地用于预防和治疗患有神经肌肉疾病的儿童骨质疏松症。

目的是研究伊班膦酸治疗脑瘫和脊柱裂患者中期骨密度动态分析。

材料与方法。对34例患者进行了检查和治疗: 19例脑瘫(GMFCS III-IV级)和15例儿童脊柱裂(胸椎和上腰椎神经节段)。平均年龄 9.8 ± 2.9 岁。所有儿童均连续注射伊班膦酸(每3-4个月, 每1公斤体重0.1毫克, 持续一年)。使用双能照X光骨密度仪评估骨组织矿物密度, 在第一次输液前和每次后续输液前都用照X光密度仪进行。

结果。全身Z标准平均值从-2.55增加到-2.1, 腰椎z标准平均值从-2.7增加到-1.65。腰椎区域的Z标准在第一次灌注后得到改善, 在前两次灌注后得到全身Z标准的改善。

结论。在注射伊班膦酸的背景下, 中期随访脑瘫和脊柱裂患者全身和腰椎的骨密度均有改善。根据确定的动力学, 建议在第一次输液后3个月增加脊柱的静态负荷, 在6个月后增加下肢的静态负荷。

关键词: 密度测定法; 脑瘫; 脊柱裂; 伊班膦酸。

Background. Bisphosphonates have become a common method for the prevention and treatment of osteoporosis in children with neuromuscular diseases.

Aim. The aim of this study was to assess the mid-term changes of bone mineral density in patients with cerebral palsy and *spina bifida* treated with ibandronic acid.

Materials and methods. Thirty-four patients were examined and treated: 19 children with cerebral palsy (GMFCS levels III-IV) and 15 children with *spina bifida* (thoracic and upper lumbar neurosegmental levels), mean age 9.8 ± 2.9 years. Ibandronic acid was administered to all patients (3 consecutive intravenous infusions, 0.1 mg/kg every 3-4 months). The assessment of bone mineral density was performed using dual-energy X-ray absorptiometry.

Results. The Z-score increased from -2.55 to -2.1 (total body less head), and from -2.7 to -1.65 (lumbar spine). Improvement of the Z-score for the lumbar spine was noted after the first infusion, and for the whole body after the first two infusions.

Conclusion. Ibandronic acid infusions improved the bone mineral density in children with cerebral palsy and *spina bifida* for both the whole body and the lumbar spine. Given the data obtained, weight-bearing exercises can be recommended three months after the first infusion, and dynamic exercises can be performed, preferably after six months.

Keywords: densitometry; cerebral palsy; *spina bifida*; ibandronic acid.

近年来, 患有神经肌肉疾病的儿童骨质疏松症的诊断和治疗越来越受到重视[1, 2]。病人及其父母希望改善生活质量, 因此必须扩大康复措施的范围, 开展各种活动, 这是病人不可剥夺的权利, 因此医务工作者有义务确保这项权利。患有神经肌

肉疾病的儿童的生活质量受到骨质疏松症的负面影响，如病理性骨折的风险增加，继发性疼痛，手术干预的风险增加，以及在矫形治疗期间儿童术后骨折的可能性。不幸的是，骨质疏松症和相关并发症的风险最高的是临床表现最严重的神经肌肉疾病的儿童。因此，骨质疏松症在脑性瘫痪患者中表现最为明显，不能自己运动（GMFCS IV-V水平），在伴有疾病（癫痫及其相关治疗、脑积水样病）的患者中表现最为明显[3, 4]。同样的情况也适用于脊柱裂患者：骨质疏松症的表现如下肢骨折是最易受影响的，儿童有最严重的神经和运动障碍—在胸和上腰椎神经节段水平[5]。除其他外，这类患者，已经容易出现上述并发症，最常遭受大规模手术干预。例如髋关节重建手术和脊柱变形时的稳定，导致术后固定时间延长，导致骨质疏松症加重。

在过去的几十年里，人们试图开发一种最佳方案来管理这类患者，选择最佳药物，评估所提议的方法的有效性和安全性。康复和定期运动对骨密度有正向影响[6]。目前采用的治疗方法有钙制剂、标准剂量或高剂量的维生素D[7]、生长激素、高剂量的维生素K等[8]。Fehlings等人[9]报道，在脑瘫患者骨量减少的情况下，维生素D和钙可以改善骨密度，但认为此类治疗预防骨折的效果不足。治疗脊柱裂儿童骨质疏松症的可能性就研究更少了[10]。

迄今为止，照X光双能吸收吸收测量（以下简称双能X线吸收测量）是评估骨组织状态最常用的方法[11]。严重脑瘫儿童骨密度测量的准确性和重复性取决于挛缩、脊柱畸形、金属植入物、定位困难和多动症的存在。

自2009年以来，我们的诊所一直在治疗骨质疏松症的脑麻痹和脊柱裂二磷酸盐。

近年来，伊班膦酸的制备具有一定的优势。应该指出的是，与其他双磷酸盐制剂一样，伊班膦酸用于18岁以下的未注册适应症患者，这是根据医学委员会和伦理委员会的决定。值得注意的是，这种限制在大多数欧洲国家和美国都存在。然而，已发表的作品中，使用的经验，伊班膦酸在儿童是提出。文献资料和我们的研究都显示了该药在脑麻痹和脊柱裂患者中具有足够的安全性[12]。

在双磷酸盐治疗期间，对神经肌肉疾病患儿骨密度动态的研究大多包括治疗前和治疗后1年的骨密度测定[13, 14]。很少有研究表明治疗开始几年后密度测量指数的动态变化[15]。在现有的文献中，我们没有遇到过反映中期（治疗第一年）儿童骨密度变化动态的研究。我们认为，这些信息对于确定骨质疏松症诊断后以及损伤和手术后患者运动活动扩展的建议是必不可少的。因为这些运动活动的变化发生，作为一个规则，在治疗的第一年，我们建议骨矿物质密度的变化可能是非线性的，因此运动活动的扩张或限制在这个时间可能取决于矿物骨质密度的增加或减少。

目的是研究伊班膦酸治疗脑瘫和脊柱裂患者中期骨密度动态分析。

材料与方法

前瞻性研究包括34名全年分期输注伊班膦酸盐的患者。该研究包括19名脑麻痹患者（GMFCS III-IV级）和15名诊断为脊柱裂的儿童（胸椎和上腰椎神经节段水平）。

入选标准为至少存在以下两个因素：

- 密度测量Z标准 < 2.0 ；
- 开始治疗前一年发生长管骨低能骨折；

- 髌关节重建手术或下肢两根或两根以上骨的矫正截骨术;
- 与骨质疏松症相关的疼痛综合症。

治疗时，我们使用药物伊班膦酸 (Bonviva)，每3-4个月每1公斤体重0.1毫克 (最大剂量—2毫克)。选择该药物的原因为输注方案 (每个治疗周期单次输注)。此外，根据早期的研究，伊班膦酸对成人患者以及成骨不完全和脑瘫儿童的耐受性更好。输注在医院标准检查后进行，用输液泵以100 毫升/小时滴注。

第一次输液时平均年龄9.8 ± 2.9岁。骨组织矿物密度评估使用双能照X光吸收术使用Lunar prodigy X光吸密度仪 (GE Medical Systems, 美国)。分析检查结果时，根据全身的密度测量，考虑Z标准，不包括头部 (Total body Less head, TBLH) 和腰椎 (Lumbar Spine, LS)。

该研究是在第一次输液前进行的，以及在随后的每一次输液前进行的。因此，在本研究框架下，34例患者进行了124项检查，所有患者进行了3项检查，22例患者进行了4项检查。为了简化数据记录，我们将研究间的间隔指定为输注后的间隔。建议注射间隔时间平均为3个月 (事实上，本研究为3.3个月)，因此，第一次、第二次、第三次输液间隔为3个月、6个月、9个月分别。

总观察时间 (从第一次检查到最后一次检查的时间间隔) 为9.3 ± 1.8个月 (最小为7个月); 最多—14个月)。

统计数据处理方法的选择是基于对不同观察时期各组患者指标分布的正态性分析。采用Shapiro-Wilk检验的数据处理结果具有统计学显著性差异，符合正态分布，因此采用非参数准则。采用Wilcoxon符号等级标准评估各组患者在治疗不同时期的变化。因此，在不同的治疗阶段，各组之间形成变量对 (共15对)。在这种情况下，相对于前一阶段的处理，Z标准水平的下降被认为是负的等级，正的一Z标准水平的上升，一致的观察—没有变化。相关患者组间差异有统计学意义， $p < 0.05$ 。

结果

表1给出了治疗各阶段全身和腰椎Z标准 (描述性统计) 指标的数据。

从表格中可以看出1数据显示，全身和腰椎Z标准初始指标的平均值 (中位数) 和四分位值均在正常范围外 (小于2.0)，在观察期间均有所改善。此外，腰椎Z标准的增加比全身更显著 (全身从-2.55增加到-2.1，腰椎从-2.7增加到-1.65)。值得注意的是，3个月后第一次输注后，全身中位Z标准无变化，腰椎同一指标明显改善。在第三次输液前 (治疗开始后6个月)，腰椎区域该指标的中位数已达到-1.9，即正

表 1

治疗阶段全身和腰椎Z标准的指标 (描述性统计)

研究时间	观察的数量	Z标准—全身		Z标准—腰椎	
		中线	四分位数	中线	四分位数
治疗前四分位数	34	-2.55	-2.1; -3.2	-2.7	-2.08; -3.4
第一次输液后	34	-2.55	-1.98; -3.1	-2.1	-1.6; -3.0
第二次输液后	34	-2.2	-1.78; -2.7	-1.9	-1.4; -2.83
第三次输液后	22	-2.1	-1.53; -2.82	-1.65	-1.1; -2.83

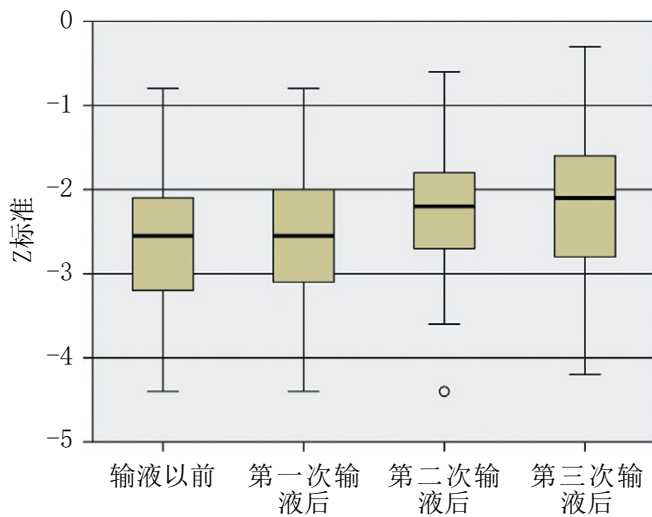


图 1。整个身体在治疗阶段的动态z标准

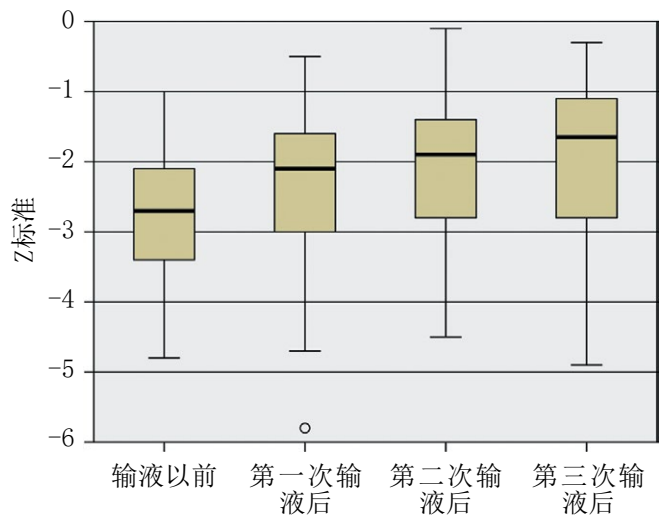


图 2。腰椎z标准在治疗阶段的动力学

常界限，第三次输液后该指标有所改善。图1（全身）和图2（腰部）的方框图更清晰地显示了数据。

对Wilcoxon符号秩次检验的指标进行了分析。表2给出了整个身体这些变化的分析结果。

尽管在平均指数（中位数）的动态中观察到明显的积极趋势，但为了评估这些Z标准变化在处理阶段的重要性，我们

由表2数据可以看出，前两次灌胃后全身骨密度（Z标准）增幅最大。在第三次注射后，Z标准也增加了，但与前几个阶段相

表 2

治疗阶段全身密度测定的Z标准等级

间隔	阳性等级	阴性等级	匹配的观察	渐近意义 (双边)
治疗前-第一次输液后	24	6	4	$p < 0.001$
治疗前-第二次输液后	30	2	2	$p < 0.001$
治疗前-第三次输液后	19	3	0	$p < 0.001$
在第一次和第二次输液之间	21	4	9	$p < 0.001$
在第一次和第三次输液之间	17	4	1	$p = 0.001$
在二次和第三次输液之间	16	4	2	$p = 0.001$

表 3

治疗阶段腰椎密度测定的Z标准等级

间隔	阳性等级	阴性等级	匹配的观察	渐近意义 (双边)
治疗前-第一次输液后	27	7	0	$p = 0.001$
治疗前-第二次输液后	31	2	1	$p < 0.001$
治疗前-第三次输液后	19	3	0	$p < 0.001$
在第一次和第二次输液之间	26	7	1	$p < 0.001$
在第一次和第三次输液之间	17	5	0	$p = 0.005$
在二次和第三次输液之间	13	6	3	$p = 0.098$

比不明显。同时，每次输液后，Z标准参数之间保持有统计学差异 ($p < 0.05$)。

为了确定治疗阶段腰椎Z标准变化的显著性，我们研究了Wilcoxon符号等级检验的各项指标（表3）。

从表3数据可以看出，在第一次输液后，阳性等级数即Z标准有所提高，在第二次输液后达到最大值。与全身Z标准相比，第2次和第3次输液的各项指标无统计学差异 ($p = 0.098$)，但与初始指标相比，这一阶段的改善仍具有显著性。

讨论

骨质疏松症在儿童神经肌肉疾病的治疗仍然是一个复杂的和在许多方面尚未解决的问题。对此类患者的骨质疏松症治疗应从消除已知的危险因素开始。为了保持骨密度，增加日晒时间，保证钙和维生素D的摄入，选择最有效的药物的最小剂量是很重要的。这一领域最重大的突破与抗再吸收药物在这类患者中的使用有关，主要是二膦酸盐。到目前为止，文献在这个问题上提供了广泛的信息。然而，大多数记录在本质上是经验性的，治疗效果研究很大程度上局限于评估骨代谢的基本参数，如血液碱性磷酸酶活性。然而，即使从定义上来看，骨质疏松症也是病理性骨折形式的临床疾病与一定的骨密度评估（降低）结果的结合。在这种情况下，为了遵循这些标准，有必要在检查和治疗的每个阶段确定骨组织的矿物质密度。

骨密度测量在儿童神经肌肉疾病不是没有缺点。这些包括脑性瘫痪患者的人体测量变化，脊柱疝的后果与饮食习惯、共病、青春期、文献中引用的各种医疗和非医疗情况有关。另外一种并发症是在接受矫形手术后，脑麻痹和脊柱裂患者出现挛缩和四肢畸形、强迫姿势和金属结构。在脊柱裂患

者中，这种疾病特有的先天性脊柱畸形会造成额外的复杂性。所有这些因素在文献中被广泛讨论，但它们的存在并不被认为是获取和解释脑瘫和脊柱裂儿童的密度测量数据的直接障碍。然而，在所有情况下，这一事实都被规定为一定的限制。

关于用二膦酸盐治疗脑麻痹患者的动态密度测量的文献资料非常有限。其中，[8]发表了一项荟萃分析，该荟萃分析的作者在2015年5月发表时发现，只有四项研究使用密度测量法评估了二膦酸盐对组织矿物质密度的影响。在所有研究中，二膦酸盐治疗后腰椎的Z标准有统计学显著改善。Henderson等人[13]进行了一项随机、双盲、安慰剂对照研究（6例患者静脉注射帕米膦酸钠）：Z标准的动态范围为-3.4至-2.2 ($p = 0.005$)。Bachrach等人[14]对7例静脉注射帕米膦酸钠的患者进行了病例对照回顾性研究：Z标准由-4.0变为-2.8 ($p = 0.03$)。Plotkin等人[15]在一项前瞻性病例对照研究（静脉注射帕米膦酸钠）中，观察到Z标准从-3.8提高到-2.3 ($p < 0.01$)。一项病例对照前瞻性研究（26例口服阿仑膦酸盐）的作者发现骨密度从-3.45提高到-2.4 ($p < 0.001$) [16]。

2017年[4]研究分析了10例接受抗癫痫药物治疗的四肢瘫痪（根据GMFCS V级）患者的数据。治疗骨质疏松症，每3-4个月给患者开帕米膦酸钠（0.5-1.0毫克/公斤/天，连续2天）。作者对腰椎z标准进行了评估，结果显示其改善程度从-4.22提高到-2.61。这项研究的一个特点是纳入了临床表现为脑瘫的综合症患者（Angel Mann综合征，Lee, Dandy-Walker, Lennox-Gastaut等），这些患者接受了抗癫痫治疗。一开始，Z标准的极低指标可能与此相关。

二膦酸盐治疗骨质疏松症的最佳持续时间的问题仍然是开放的。有限的研究使我

们不能在这一点上得出明确的结论。在本研究的框架内，我们发现三次连续注射伊班膦酸，间隔3个月。正向影响骨密度的增加，因此有可能将其增加到norm的最小边界指标（Z-标准-2.0）。然而，需要更多的研究来确定后续注射的有效性。

毫无疑问，使用x光检查儿童的问题也很重要。确定Lunar prodigy装置对10岁儿童进行全身密度测量的有效辐射剂量为男孩为0.14微西弗，女孩为0.16微西弗[17]。根据《卫生规则》2.6.1.758-99《电离辐射，辐射安全》。辐射安全标准（RSS-99）在检查期间，包括为科学目的，允许的等效辐射剂量，不超过每年1微西弗。

因此，即使每3个月进行一次研究，年总剂量也将比允许剂量少数百倍。然而，尽管本研究遵循了辐射安全标准，我们不认为在日常实践中在没有严重临床原因的情况下进行密度测定是适宜的。

结论

近年来，二膦酸盐越来越多地用于预防和治疗患有神经肌肉疾病的儿童骨质疏松症。通过记录骨组织矿物密度，最大限度减少不良反应，确定最佳药物剂量。今天，彻底评估治疗效果和持续监测病人的情况是必要的。将我们自己的材料与文献数据进行比较分析，可以得出几个重要的结论。超过我们已证实的已发表研究数量的重要临床资料，已经证实了伊班膦酸治疗对脑瘫和脊柱裂儿童骨密度的积极作用。此外，我们在早期的研究中表现出了足够的安全性，并证明伊班膦酸在这类患者中是非常有效的，而伊班膦酸最初是作为这类患者的首选药物进行研究的。在分析了骨组织矿物密度的动态变化后，我们发现腰椎的密度测量与全身相比有更明显的改善。间接地，这可能表明轴骨和

阑尾骨之间的骨密度改善相对不平衡。与此同时，两项指标在第一次输注后6个月左右变化最为明显。这些数据可以作为一个实际的基础建议扩大开出抗再吸收治疗的患者的运动活动：静态加载脊柱可以增加已经3个月后第一次输液，在动态载荷下肢最好应该增加注入两个阶段之后，也就是说，即6个月后。

尽管这种显著的临床材料研究，为了解决大量的问题与年龄相关的影响，临床（脑瘫的诊断或脊柱裂，操作和骨折的存在记忆等等），人体测量，神经因素，以及剂量药物的选择，明显更多的观察是必要的。在这一领域的进一步研究和文献资料的归纳将有助于改善和个性化这一复杂类别的患者的护理。

附加信息

资金来源。这项研究是作为俄罗斯联邦卫生部国家任务的一部分进行的，调查研究工作编号为AAAA-A18-118122690159-9。

利益冲突。作者声明本文章的发表方面不存在明显或潜在的利益冲突。

伦理审查。H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery联邦政府预算机构的俄罗斯联邦卫生部的地方伦理委员会批准了儿童检查和治疗方案（2009年10月28日第3次会议纪要）。病人（他们的代表）同意治疗、处理和公布个人资料。

作者贡献

V. Kenis — 负责发展一个研究概念，收集和分析科学资料，写一篇文章。

A. V. Sapogovskiy — 负责科学资料的收集和分析，统计数据的处理。

T. Prokopenko, S. Ivanov, T. Kiseleva — 负责临床资料的收集和分析。

A. Bergaliev — 负责密度测量材料的收集和分析。

所有作者都对文章的研究和准备做出了重大贡献，在发表前阅读并批准了最终版本。

References

1. Yaşar E, Adigüzel E, Arslan M, Matthews DJ. Basics of bone metabolism and osteoporosis in common pediatric neuromuscular disabilities. *Eur J Paediatr Neurol.* 2018;22(1):17-26. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2017.08.001>.
2. Кенис В.М., Богданова С.Л., Прокопенко Т.Н., и др. Биомаркеры метаболизма костной ткани у детей с церебральным параличом, способных к передвижению // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2019. – Т. 7. – № 4. – С. 79–86. [Kenis VM, Bogdanova SL, Prokopenko TN. Bone metabolism biomarkers in walking children with cerebral palsy. *Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery.* 2019;7(4):79-86. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/PTORS7479-86>.
3. Houlihan CM, Stevenson RD. Bone density in cerebral palsy. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2009;20(3):493-508. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2009.04.004>.
4. Moon SJ, An YM, Kim SK, et al. The effect of low-dose intravenous bisphosphonate treatment on osteoporosis in children with quadriplegic cerebral palsy. *Korean J Pediatr.* 2017;60(12):403-407. <https://doi.org/10.3345/kjp.2017.60.12.403>.
5. Иванов С.В., Кенис В.М., Прокопенко Т.Н., и др. Переломы нижних конечностей у детей с последствиями спинномозговых грыж // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2018. – Т. 6. – № 3. – С. 25–31. [Ivanov SV, Kenis VM, Prokopenko TN, et al. Fractures of lower limbs in children with spina bifida. *Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery.* 2018;6(3):25-31. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/PTORS6325-31>.
6. Bass SL, Naughton G, Saxon L, et al. Exercise and calcium combined results in a greater osteogenic effect than either factor alone: a blinded randomized placebo-controlled trial in boys. *J Bone Miner Res.* 2007;22(3):458-464. <https://doi.org/10.1359/jbmr.061201>.
7. Kilpinen-Loisa P, Nenonen H, Pihko H, Maki-tie O. High-dose vitamin D supplementation in children with cerebral palsy or neuromuscular disorder. *Neuropediatrics.* 2007;38(4):167-172. <https://doi.org/10.1055/s-2007-990266>.
8. Kim MJ, Kim SN, Lee IS, et al. Effects of bisphosphonates to treat osteoporosis in children with cerebral palsy: a meta-analysis. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2015;28(11-12):1343-1350. <https://doi.org/10.1515/jpem-2014-0527>.
9. Fehlings D, Switzer L, Agarwal P, et al. Informing evidence-based clinical practice guidelines for children with cerebral palsy at risk of osteoporosis: a systematic review. *Dev Med Child Neurol.* 2012;54(2):106-116. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2011.04091.x>.
10. Marreiros HF, Loff C, Calado E. Osteoporosis in paediatric patients with spina bifida. *J Spinal Cord Med.* 2012;35(1):9-21. <https://doi.org/10.1179/2045772311Y.0000000042>.
11. Lewiecki EM, Gordon CM, Baim S, et al. Special report on the 2007 adult and pediatric Position Development Conferences of the International Society for Clinical Densitometry. *Osteoporos Int.* 2008;19(10):1369-1378. <https://doi.org/10.1007/s00198-008-0689-9>.
12. Кенис В.М., Иванов С.В., Киселева Т.И., и др. Переносимость и безопасность применения бисфосфонатов у детей с детским церебральным параличом // Детская и подростковая реабилитация. – 2018. – № 3. – С. 28–33. [Kenis VM, Ivanov SV, Kiseleva TI, et al. Tolerability and safety of bisphosphonates in children with cerebral palsy. *Detskaya i podrostkovaya rehabilitatsiya.* 2018;(3):28-33. (In Russ.)]
13. Henderson RC, Lark RK, Kecskemethy HH, et al. Bisphosphonates to treat osteopenia in children with quadriplegic cerebral palsy: a randomized, placebo-controlled clinical trial. *J Pediatr.* 2002;141(5):644-651. <https://doi.org/10.1067/mpd.2002.128207>.
14. Bachrach SJ, Kecskemethy HH, Harcke HT, et al. Pamidronate treatment and posttreatment bone density in children with spastic quadriplegic cerebral palsy. *J Clin Densitom.* 2006;9(2):167-174. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2005.11.003>.
15. Plotkin H, Coughlin S, Kreikemeier R, et al. Low doses of pamidronate to treat osteopenia in children with severe cerebral palsy: a pilot study. *Dev Med Child Neurol.* 2006;48(9):709-712. <https://doi.org/10.1017/S0012162206001526>.
16. Paksu MS, Vurucu S, Karaoglu A, et al. Osteopenia in children with cerebral palsy can be treated with oral alendronate. *Childs Nerv Syst.* 2012;28(2):283-286. <https://doi.org/10.1007/s00381-011-1576-9>.
17. Damilakis J. et al. Pediatric radiation dose and risk from bone density measurements using a GE Lunar Prodigy scanner. *Osteoporos Int.* 2013;24(7):2025-2031. <https://doi.org/10.1007/s00198-012-2261-x>.

Information about the authors

Vladimir M. Kenis* — MD, PhD, D.Sc., Professor, Deputy Director of Development and International Relations, Head of the Department of Foot and Ankle Surgery, Neuroorthopedics and Skeletal Dysplasias, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-7651-8485>. E-mail: kenis@mail.ru.

Andrei V. Sapogovskiy — MD, PhD, Senior Research Associate of the Department of Foot and Ankle Surgery, Neuroorthopedics and Skeletal Dysplasias, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-5762-4477>. E-mail: sapogovskiy@gmail.com.

Tatyana N. Prokopenko — MD, Pediatrician of the Consultative and Diagnostic Center, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-0498-2510>. E-mail: prokopenkotn@mail.ru.

Artur N. Bergaliev — MD, PhD, D.Sc., Radiologist, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-1415-6826>. E-mail: bergaliev2006@mail.ru.

Stanislav V. Ivanov — MD, PhD, Head of the Department of Cerebral Palsy and the Spina Bifida Center, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-2187-3973>. E-mail: ortostas@mail.ru.

Tatyana I. Kiseleva — MD, Orthopedic and Trauma Surgeon of the Department of Foot and Ankle Surgery, Neuroorthopedics and Skeletal Dysplasias, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-1886-3544>. E-mail: orthokis@mail.ru.