



改型的DUNN手术治疗儿童股骨头的髋脱位的体会 (初步结果)

OUR EXPERIENCE OF THE MODIFIED DUNN PROCEDURE IN CHILDREN WITH SLIPPED CAPITAL FEMORAL EPIPHYSIS (PRELIMINARY RESULTS)

© D.B. Barsukov, A.G. Baindurashvili, P.I. Bortulev, V.E. Baskov, I.Yu. Pozdnikin, A.I. Krasnov, M.S. Poznovich, M.S. Asadulaev

The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia

■ For citation: Barsukov DB, Baindurashvili AG, Bortulev PI, et al. Our experience of the modified Dunn procedure in children with slipped capital femoral epiphysis (preliminary results). *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2019;7(4):27-36. <https://doi.org/10.17816/PTORS7427-36>

Received: 27.08.2019

Revised: 15.11.2019

Accepted: 09.12.2019

论证: 采用不同类型的关节外矫形股骨截骨术和经典Dunn手术, 恢复青少年股骨头髋松解与急性(部分滑膜期)和重度骨骺慢性移位的空间相关性。大量的术后缺血性并发症和/或骨骺残留移位是股骨头白撞击的原因, 也是传统手术方法改进的契机。特别是在2007年, 提出了一种改良的经典Dunn手术技术, 使用轻微创伤性髋关节脱位手术。

目的 评价改良Dunn手术治疗儿童股骨头的髋脱位的疗效。

材料与方法: 分析10例11~15岁青少年股骨头髋脱离伴严重骨骺移位患者(6男4女)的术前、术后临床及影像学资料。5例骨骺移位是慢性的, 4例是慢性背景下的急性, 1例是原发性急性。对于在手术时发生急性移位的关节, 在松果腺板水平上观察到部分关节粘连的迹象。根据作者的技术, 所有儿童都接受了改良的Dunn手术。最长手术后的随访时间为1.5年。

结果: 在5个病例中取得了令人满意的结果, 在10个病例中可能还会有3个病例取得令人满意的结果。有两例由于早期出现股骨头无菌性坏死的并发症, 治疗效果不佳。手术治疗早期并发症的数量与文献一致。

结论: 如今, 邓恩的改良手术是唯一一种并发症相对较少的手术。它提供了一个完整和准确的骨骺重新定位, 因此, 消除股骨头白撞击在上述解剖情况。改良的Dunn手术可作为青少年股骨头髋松解合并急性(部分滑膜期)和骨骺严重移位的有效干预手段。因此, 我们计划继续应用它。

关键词: 儿童股骨头的髋脱离; 髋关节; 儿童; 修改Dunn手术; 股骨头白撞击综合征。

Background. The spatial correlations of the epiphysis and acetabulum during slipped capital femoral epiphysis (SCFE) with acute (at the stage of partial synostosis) and chronic displacement of the epiphysis to a severe degree were restored using different extra-articular corrective hip osteotomy techniques and the standard Dunn procedure. A large number of postoperative ischemic complications and/or the remaining residual displacement of the epiphysis, which is the cause of FAI, was the rationale for improving traditional surgical methods. In 2007, a modified technique of the classic Dunn procedure was proposed using a low traumatic surgical hip dislocation.

Aim. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of the modified Dunn procedure in the treatment of children with SCFE.

Materials and methods. The data of preoperative and postoperative clinical and radiological studies of 10 patients (six males and four females) aged 11–15 years who were suffering from SCFE with severe epiphyseal displacement were analyzed. In five cases, the displacement of the epiphysis was chronic, in four cases it was acute associated with chronic, and in one case it was primarily acute. In the joints with acute displacement at the time of surgery, there were signs of partial synostosis at the level of the epiphyseal growth plate. All children underwent a modified Dunn procedure with strict adherence to the author's technique. The maximum follow-up period was 1.5 years.

Results. Evaluation of the most short-term anatomical and functional treatment results confirmed a satisfactory result in half (5/10) of the observations with the possibility of an additional three. In two cases, a poor treatment result was obtained due to the development of an early complication in the form of aseptic necrosis of the femoral head. The number of early complications of surgical treatment that were recorded is consistent with the literature.

Conclusions. To date, the modified Dunn procedure is the only intervention with a relatively small number of complications that provides a complete and accurate reposition of the epiphysis, thereby eliminating FAI in the above anatomical situations. The modified Dunn procedure can be characterized as an effective intervention for SCFE with severe, acute (at the stage of partial synostosis), and chronic displacements of the epiphysis. The authors intend to continue using the procedure in practice.

Keywords: slipped capital femoral epiphysis; hip joint; children; modified Dunn procedure; femoroacetabular impingement.

幼年股骨头骺端裂后期的特征是骨骺明显移位，在慢性背景下可为慢性或急性。原发性急性骨骺移位，通常不太常见，但也有显著的严重性。本病的典型病例中，慢性移位发生在后向或仅后向。骨骺和干骺端骨性结合在急性移位后缺乏治疗的情况下，通常在第2、3天已经开始[1、4]。

几十年来，骨骺和髋臼与急性(部分滑膜期)和慢性移位的空间相互关系通过各种关节外矫正髋关节截骨术和经典Dunn手术恢复[5-7]。然而，这些干预措施，尤其是后一种，以髋关节软骨溶解和股骨头无菌性坏死的形式出现大量早期并发症为特征。在关节外矫正性截骨术中，将股骨近端片段的前向旋转限制在45度，可以避免上述并发症，并在骨骺后移不超过45度时获得良好的治疗效果。与此同时，术后移位超过45次，骨骺相对于关节腔的残余移位依然存在[8-11]。即使是微小的残余位移也是造成股骨髋臼撞击的原因，其对受影响关节的破坏作用已被最近的研究有力地证实[12-14]。

一组来自瑞士的外科医生由M. Leunig在2007年改进了经典的Dunn手术技术，采用了轻微创伤性的大腿脱位手术，并形成了巨大的供骨骺皮瓣。这使得显著减少术后缺血性并发症的数量成为可能[15-18]。外科医生采用改良的Dunn手术治疗儿童股骨头的骺脱离，骨骺发生中度和重度移位。

目的是评价改良Dunn手术治疗儿童股骨头的骺脱离的疗效。

材料与方法

自2017年以来，在以G. Turner名义NID01, 10例(6男4女)，年龄11~15岁，患有儿童股骨头的骺脱离合并严重骨骺，行改良手术Dunn。由于骨骺移位的性质，受影响的关节分布如下：慢性—5(其中移位为后向—3，仅后向—2)，急性相对于慢性—4和原发性急性—1。所有5个关节在手术时发生急性移位，均观察到骨骺和干骺端部分骨性结合的迹象。在对侧关节中，10例均无骨骺移位(预滑移)。采用临床和放射学(X光摄影和多螺旋计算机断层)研究方法。

Dunn的指示修改操作被认为是儿童股骨头的骺脱离急性、慢性和急性原发性急性位移骨骺的严重程度(超过60°后，或30°多个向下)在急性位移部分骨性结合的骨骺和干骨后端。禁忌症为儿童股骨头的骺脱离-髋关节软骨溶解症和股骨头无菌性坏死的早期并发症。

我们认为，K. Ziebarth等人在2009年[19]中对改进的Dunn运算技术做了最详细的描述。在我们的工作中，我们努力严格遵守作者的技术，包括所有描述的干预的细微差别。特别关注确定的方向和长度的横截面关节囊(Z字形在手术过程中在右边

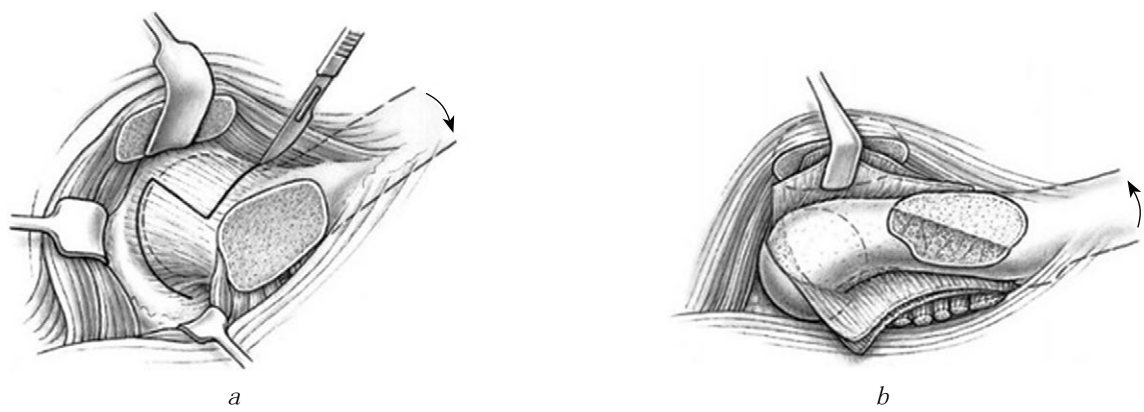


图1。改良邓恩手术技术：
a— 关节囊的Z形截面；b— 股骨颈骨膜下析出 [19]

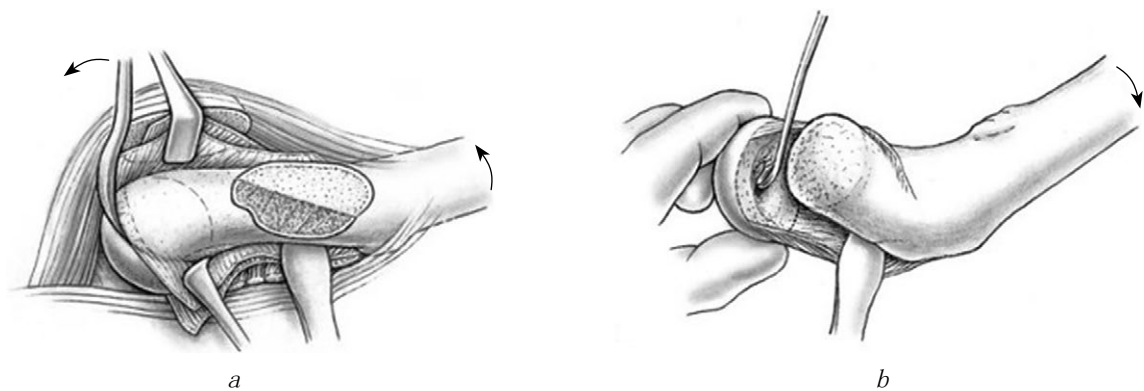


图2。改良邓恩手术技术：
a— 股骨颈截骨术；b— 用芽板的残余去除骨板下的松质骨[19]

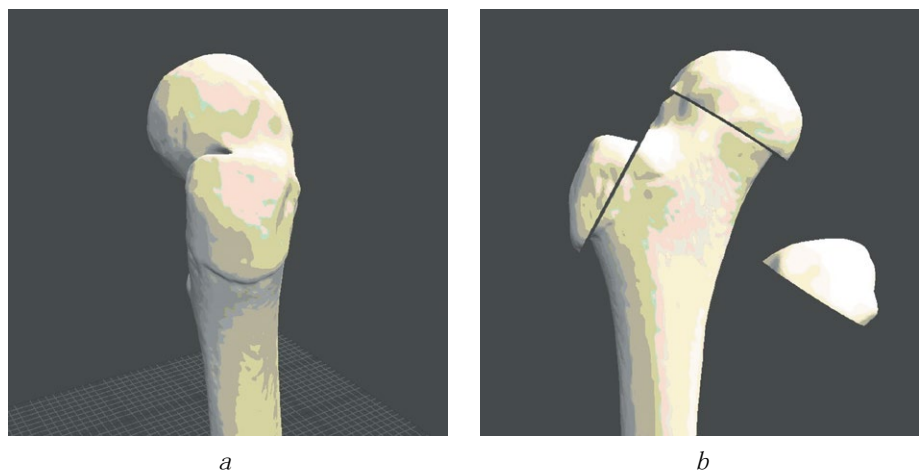


图3。患者H.，13岁，髋关节的多螺旋电脑断层扫描。诊断为儿童股骨头骺脱离，右侧—3期的，左侧—1期的；a— 右侧股骨近端三维建模手术前；
b— 右侧股骨近端三维建模及颈部碎片切除

和左边防-Z字形在手术联合)(图1, a)和谨慎骨膜下的股骨颈的隔离,使获得大量供给的骺皮瓣(图1, b)。此外,为了避免损坏供给的皮瓣形成包含提升分支*a. circumflexa femoris medialis*内侧肌,需要非常小心当执行一个颈截骨术(图2, a)和删除的准骺软骨骨小梁的仍然是生殖板(图2, b)。为了确定骨骺内血流的存在和强度,在股骨头从关节腔脱位后,立即用基什内尔针在其前极钻孔。骨骺及干骺端接骨后无孔出血,提示皮瓣张力过大,需缩短颈部。根据地区骨质疏松症的严重程度,两个或三个辐条直径2.5毫米被用来修复骨骺与线程的线程结束,进行了在不同的飞机从侧面的骨骺(从*fovea capitis ossis femoris*)以及干骺端。

计划使用个人计算机和软件进行手术干预,创建基于多螺旋体层X线照相术重建的髋关节三维模型(图3)。因此,根据股骨颈变形的性质和严重程度以及先前解剖的股骨大转子对股骨的固定程度,可以更准确地确定被切除的股骨颈碎片的形状和大小。

手术在全麻下进行,延长硬膜外麻醉2-3天。术后第2天起,在运动治疗指导老师的指导下,在《Artromot》器械上进行大腿屈曲、外展、内旋的治疗性运动,并进行适当的造型和机械疗法。

对侧10例均采用空心螺钉行股骨头骨骺关节外固定。

结果与讨论

仔细收集既往史的数据能准确地确定发生时间和第一次投诉的性质,骨骺的类型的转变的背景下,(慢性的、急性慢性、或急性对慢性)和日期的急性转变,以及澄清先前的治疗措施的特点。儿童股骨头的骺脱离首次临床症状出现后

平均17.3周(4~32周)确诊,10例患者中仅有6例严格卧床休息,4例患儿随访。在五例松果腺急性移位的病例中,有四例采用了骨骼牵引或袖带牵引,还有一例采用了石膏靴。在这三例中,有两例不仅是关节脱臼,骨骺也在骨骼牵引下复位。在5例慢性位移的骨骺,Dunn修改操作进行平均38岁,4周(从28到56周)第一个疾病的临床症状出现后,5例急性位移,37和6周(从12到64周)后急性位移。

术前由于骨骺分离风险高,仅在患者水平位进行临床研究。在所有的观察中,发现了患侧外肢旋转的缺陷位置——平均 $53.5 \pm 13.6^\circ$ 。所有患儿均观察到肢体相对缩短,平均缩短 2.1 ± 0.7 cm。在所有受影响的关节中,都记录了过度的外旋幅度(平均 $77.0 \pm 11.1^\circ$)和有限的外展幅度(平均 $26.5 \pm 9.5^\circ$),而在可能的幅度内的活动是自由的。所有患者均观察到Drehmann阳性症状——大腿外旋位置有缺陷,平均弯曲90度时为 $48.0 \pm 12.1^\circ$ 。所有病例的托马斯试验均为阴性。

髋关节的x光检查标准预测(前后的和根据Lauenstein)术前时期进行评估的方向和程度的位移骨骺,干骨后端畸形的性质和严重程度,在侧关节病变的严重程度,并排除儿童股骨头的骺脱离的早期并发症。在严重的既往史偏见的存在下,骨骺和干骺端融合的程度被确定。的程度后骺位移估计骺角的值之间的差异在联合位移和受影响的关节,和向下位移的程度取决于投影颈部骨干的之间的差异和骨骺骨干的关节角度的影响。在9例骨骺慢性移位和急性移位的病例中,5例表现为后向下移位。在四个位置中—仅在后部,而后部位移是在 63 至 86° 之间,而后移是在 7 – 19° 之间。在一次骨骺原发急性移位的观察中,骨骺仅发生向下移位,总数为 32° 。严重畸形的股骨颈是记录在9病人从10位病人——脖子向后弯腰(天鹅脖子上的一种症状)按照慢性的方向转变的骨骺,只有一个病人急性位移主要有正常的形状。

在骨骺急性移位的关节中,股骨颈前表面向头部的过渡始终是台阶状的,而在慢性移位的关节中则是平滑的。股骨颈所有10个受影响关节,骨骺芽板正下方分别追踪骨质疏松病灶,并与芽板融合。在3例病例中,对侧关节也有类似的改变。在5个急性移位的关节和3个慢性弥漫性骨骺骨质疏松的关节进行了观察。需要强调的是,10个受影响的关节均未出现股骨头无菌性坏死或软骨溶解症。骨骺和干骺端是在发生急性滑膜移位后开始出现的,其标志是新形成的骨组织之间有小梁结构。膜融合的程度取决于这些部位的数量(所谓的骨桥),必要时通过CT扫描确定这些部位的数量。

在干预完成后立即在手术台上进行髋关节标准投影的放射学检查。这些x光片主要是评估骨骺在矫正后的空间位置和安装的金属结构的正确位置。10个受影响的关节中有6个保持了最小的残余位移(在 5° 以内)在两个-回底,在三个-只有回来和在一个-只有下来。在任何观察中,骨骺的位置都不允许矫正过正。

术后第一年分别于术后1个月、6个月和12个月进行临床研究,和x光-在1、3、6、9和12个月。

我们将最近的解剖和功能治疗结果分为满意和不满意。术后6个月出现以下症状,治疗效果令人满意:股骨头的球形,没有半脱位的关节,关节表面一致的存在,缺乏早期并发症(髋关节软骨溶解和股骨头无菌性坏死)和进步股波动的振幅增加,包括内部旋转。在其他情况下,结果被认为不能令人满意。

术后一个月的x线片显示,所有10次观察中,骨骺和大转子均得到了稳定的固定,而在截骨水平上未丢失其位置的校正和最初的实变征象。骨骺弥漫性骨质疏松的8个关节中,6个关节的严重程度略有增加,

另有2个关节出现骨骺骨质疏松。在一项临床研究中,所有患者都没有出现四肢的恶性位置,但四肢的相对缩短仍在继续,其中4例肢体缩短了0.5-1.0 cm。在所有的病人中,髋部运动的幅度明显增加,而在极 endpoint 则观察到疼痛。所有关节的Drehmann症状均为阴性。

所有病例术后6个月前7例均行x线检查,松果体及大转子的空间位置无改变,截骨层面有实变完成的迹象。在两个病例中,最初的症状是股骨头无菌性坏死,但在另外五个病例中,骨骺骨质疏松症的严重程度明显降低。所有病例均无髋关节软骨溶解症。在临床上,在5个x线动态阳性的关节中,髋关节运动幅度的增加幅度更大,而在一个骨骺坏死的关节中,继发性滑膜炎的发生与轻度的下降有关。7例患者均于术后第7个月取出金属结构。

术后1年,对前5例患者进行了临床和放射学检查。股骨头无菌性坏死的影像学征象仅在其中一处发现,即在关节处,在之前的研究中,骨骺坏死已经开始。整个骨骺都参与了坏死灶,坏死灶明显变形,破坏了关节面一致性。在其余四例中,股骨头呈球形,几乎没有结构异常,但仍发现颈部有些缩短。局部弥漫性骨质疏松在骨盆和股骨关节部位均有中度表达。这些关节的x线间隙全部保持在正常高度,这表明没有软骨溶解。在任何观察中都没有观察到关节稳定性的破坏。4例病变侧临床表现为臀肌、大腿中度营养不良,肢体相对缩短0.5~1.5 cm,大腿内旋幅度受限。一名无菌性股骨头坏死的儿童在活动时感到疼痛。大腿屈曲内收挛缩开始形成,与此同时出现肢体功能性缩短。进一步治疗的目的是抑制炎症现象的关节和增加髋关节运动的振幅进行袖带牵引。所有四名有积极进程的儿童都被建议在一个月内逐步增加对疼痛腿的支持负荷,完全拒绝使用拐杖,并对缩短部分进行补偿。

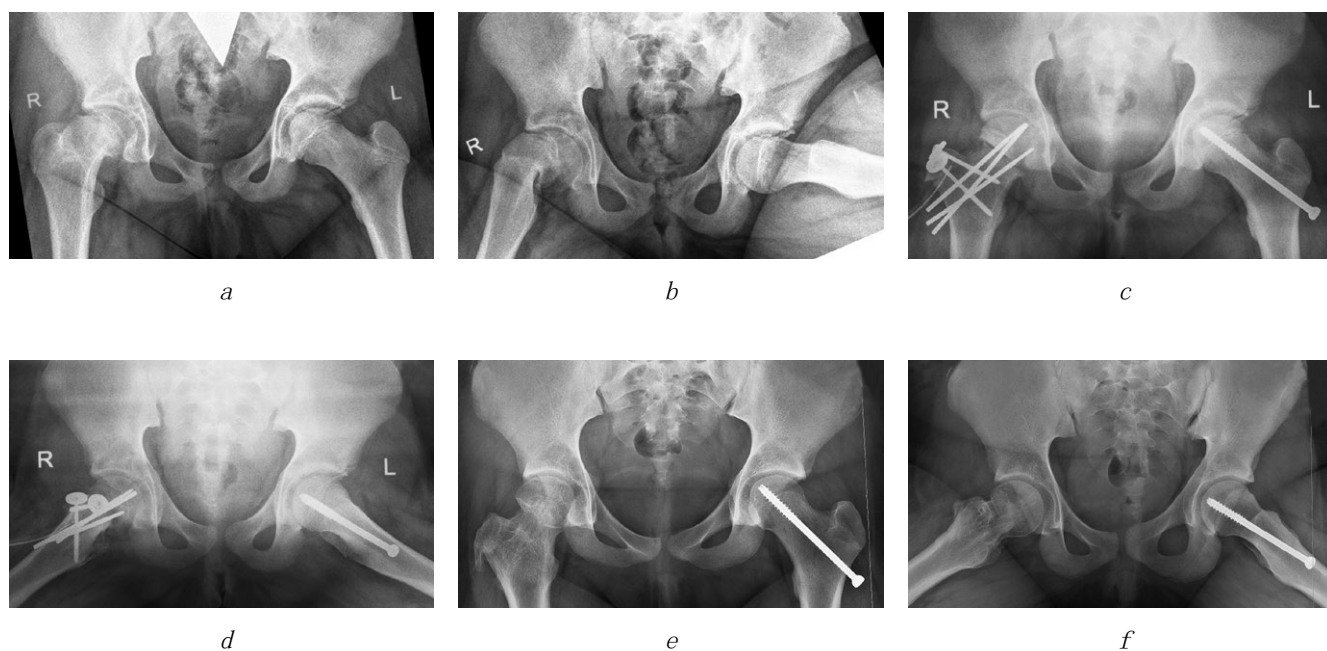


图4。病人Z前后投影和劳恩施泰因投影的髋关节x线片，12年1个月。

诊断：《儿童股骨头的骺脱离左侧3期，右侧1期》：

a, b—手术前；c, d—手术后立即；e, f—手术后1.5年

前2例重建关节术后1.5年x线检查未见股骨头无菌性坏死及软骨溶解。股骨头未发生半脱位，股骨头呈球形，保留了关节面全等性。整个关节的股骨组成部分的形状接近正常，除了股骨颈部分缩短和相应的大转子高度中等外。而后的顶端在股骨头的中心以上，仍然没有达到上极。在肢体轴向负荷的影响下，局部骨质疏松症明显减少(图4)。只有在长时间步行时才会出现轻微的步态障碍。尽管病变一侧的臀部和腿部肌肉中度萎缩，但Duchenne-Trendelenburg症状为阴性。其中一组肢体相对缩短为1.0 cm，另一组为1.5 cm。Drehmann症状和撞击试验均为阴性，但两个关节的大腿内侧旋转幅度仍有轻微的限制。患者接受康复治疗(医疗体操，按摩和理疗)，在一个节省负荷的制度下，并补偿缩短的四肢用个别鞋垫。

因此，对10例伴有严重骨骺移位的儿童股骨头的骺脱离患者的改良Dunn手术即刻解剖学和功能结果的临床和放射学评估

显示，5例患者获得了满意的结果，其中3例可能也将获得满意的结果。2例患者由于早期出现股骨头无菌性坏死的并发症，治疗效果不佳。

我们在工作中所坚持的改良Dunn手术的适应证和禁忌证，以及我们所使用的干预技术，与文献资料完全一致[20-22]。与此同时，与大多数作者不同[23-26]，我们没有使用儿童股骨头的骺脱离进行中度严重骨骺移位手术的经验。我们的患者在考虑术后时期的临床和放射学特征，以及手术治疗的早期并发症的数量，也符合发表的数据[27-29]。

结论

改良的Dunn手术可以使骨骺在儿童股骨头的骺脱离上实现完整和准确的复位，松果体移位严重，从而消除重建关节处的股骨-髋臼撞击。今时今日，它是唯一的手术干预与相对较少的并发症，以确保消除股骨髋臼

撞击在考虑的解剖情况。手术治疗不满意的数目没有超过文献报道的数目。综上所述,我们可以将改良Dunn手术作为儿童股骨头的骺脱离急性期(部分滑膜期)和骨骺慢性重度移位的有效干预手段。我们计划通过对结果的分析来继续它的应用。

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,编号为AAAA-A18-118122690158-2。

利益冲突。作者声明,没有明显的和潜在的利益冲突相关的发表这篇文章。

伦理审查。该研究是根据《世界医学会赫尔辛基宣言》经俄罗斯卫生部修订的伦理标准进行,被俄罗斯联邦卫生部的联邦预算机构The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics道德委员会批准(2019年7月1日第19-1记录)。

病人的家长同意处理个人资料及公布有关资料。

作者贡献

D. Barsukov — 研究设计开发。写文章的所有部分。资料收集与分析,文献分析,手术治疗。

A. Baindurashvili — 研究方法的发展,目的的陈述,文章的阶段和最后的编辑。

P. Bortulev, I. Posdnikin, M. Asadu-lae — 资料收集,手术治疗患者。

V. Baskov — 文章分期编辑,手术治疗患者。

A. Krasnov — 文章分期编辑。

M. Poznovich — 手术干预的三维建模。

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. Кречмар А.Н. Юношеский эпифизеолиз головки бедра (клинико-экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Ленинград, 1982. [Krechmar AN. Yunosheskiy epifizeoliz golovki bedra (kliniko-eksperimental'noe issledovanie). [dissertation] Leningrad; 1982. (In Russ.)]
2. Шкатула Ю.В. Этиология, патогенез, диагностика и принципы лечения юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости (аналитический обзор литературы) // Журнал клинических и экспериментальных медицинских исследований. – 2007. – № 2. – С. 122–135 [Shkatula YV. Etiologiya, patogenez, diagnostika i printsipy lecheniya yunosheskogo epifizeoliza golovki bedrennoy kosti (analiticheskiy obzor literatury). Zhurnal klinicheskikh i eksperimental'nykh meditsinskikh issledovaniy. 2007;(2):122-135. (In Russ.)]
3. Bellemore JM, Carpenter EC, Yu NY, et al. Biomechanics of slipped capital femoral epiphysis: evaluation of the posterior sloping angle. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(6):651-655. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000512>.
4. Abraham E, Gonzalez MH, Pratap S, et al. Clinical implications of anatomical wear characteristics in slipped capital femoral epiphysis and primary osteoarthritis. *J Pediatr Orthop.* 2007;27(7):788-795. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181558c94>.
5. Thawrani DP, Feldman DS, Sala DA. Current practice in the management of slipped capital femoral epiphysis. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(3):e27-37. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000496>.
6. Salvati EA, Robinson JH, Jr., O'Down TJ. Southwick osteotomy for severe chronic slipped capital femoral epiphysis: results and complications. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(4):561-570.
7. Kartenbender K, Cordier W, Katthagen BD. Long-term follow-up study after corrective Imhauser osteotomy for severe slipped capital femoral epiphysis. *J Pediatr Orthop.* 2000;20(6):749-756. <https://doi.org/10.1097/00004694-200011000-00010>.

8. Yildirim Y, Bautista S, Davidson RS. The effect of slip grade and chronicity on the development of femur avascular necrosis in surgically treated slipped capital femoral epiphyses. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2007;41(2):97-103.
9. Sonnega RJ, van der Sluijs JA, Wainwright AM, et al. Management of slipped capital femoral epiphysis: results of a survey of the members of the European Paediatric Orthopaedic Society. *J Child Orthop.* 2011;5(6):433-438. <https://doi.org/10.1007/s11832-011-0375-x>.
10. Минеев В.В. Хирургическое лечение тяжелых нестабильных форм юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Курган, 2012. [Mineev VV. Khirurgicheskoe lechenie tyazhelykh nestabil'nykh form yunosheskogo epifizeoliza golovki bedrennoy kosti. [dissertation] Kurgan; 2012. (In Russ.)]
11. Барсуков Д.Б., Баиндурашвили А.Г., Поздник И.Ю., и др. Новый метод корригирующей остеотомии бедра у детей с юношеским эпифизеолизом головки бедренной кости // Гений ортопедии. – 2018. – Т. 24. – № 4. – С. 450–459. [Barsukov DB, Baindurashvili AG, Pozdnykin IY, et al. Novyy metod korrigiruyushchey osteotomii bedra u detey s yunosheskim epifizeolizom golovki bedrennoy kosti. *Geniy ortopedii.* 2018;24(4):450-459. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2018-24-4-450-459>.
12. Ilizaliturri VM, Jr., Nossa-Barrera JM, Acosta-Rodriguez E, Camacho-Galindo J. Arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement secondary to paediatric hip disorders. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(8):1025-1030. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.89B8.19152>.
13. Soni JF, Valenza WR, Uliana CS. Surgical treatment of femoroacetabular impingement after slipped capital femoral epiphysis. *Curr Opin Pediatr.* 2018;30(1):93-99. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000565>.
14. Mamisch TC, Kim YJ, Richolt JA, et al. Femoral morphology due to impingement influences the range of motion in slipped capital femoral epiphysis. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(3):692-698. <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0477-z>.
15. Ziebarth K, Leunig M, Slongo T, et al. Slipped capital femoral epiphysis: relevant pathophysiological findings with open surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(7):2156-2162. <https://doi.org/10.1007/s11999-013-2818-9>.
16. Madan SS, Cooper AP, Davies AG, Fernandes JA. The treatment of severe slipped capital femoral epiphysis via the Ganz surgical dislocation and anatomical reduction: a prospective study. *Bone Joint J.* 2013;95-B(3):424-429. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.95B3.30113>.
17. Leunig M, Ganz R. The evolution and concepts of joint-preserving surgery of the hip. *Bone Joint J.* 2014;96-B(1):5-18. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B1.32823>.
18. Ziebarth K, Steppacher SD, Siebenrock KA. The modified Dunn procedure to treat severe slipped capital femoral epiphysis. *Orthopade.* 2019;48(8):668-676. <https://doi.org/10.1007/s00132-019-03774-x>.
19. Ziebarth K, Zilkens C, Spencer S, et al. Capital realignment for moderate and severe SCFE using a modified Dunn procedure. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(3):704-716. <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0687-4>.
20. Masquijo JJ, Allende V, D'Elia M, et al. Treatment of slipped capital femoral epiphysis with the modified dunn procedure: a multicenter study. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(2):71-75. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000936>.
21. Lerch TD, Vuilleumier S, Schmaranzer F, et al. Patients with severe slipped capital femoral epiphysis treated by the modified Dunn procedure have low rates of avascular necrosis, good outcomes, and little osteoarthritis at long-term follow-up. *Bone Joint J.* 2019;101-B(4):403-414. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B4.BJJ-2018-1303.R1>.
22. Slongo T, Kakaty D, Krause F, Ziebarth K. Treatment of slipped capital femoral epiphysis with a modified Dunn procedure. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(18):2898-2908. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01385>.
23. Ziebarth K, Milosevic M, Lerch TD, et al. High survivorship and little osteoarthritis at 10-year followup in scfe patients treated with a modified dunn procedure. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(4):1212-1228. <https://doi.org/10.1007/s11999-017-5252-6>.
24. Tannast M, Jost LM, Lerch TD, et al. The modified Dunn procedure for slipped capital femoral epiphysis: the Bernese experience. *J Child Orthop.* 2017;11(2):138-146. <https://doi.org/10.1302/1863-2548-11-170046>.
25. Niane MM, Kinkpe CV, Daffe M, et al. Modified Dunn osteotomy using an anterior approach used to treat 26 cases of SCFE. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016;102(1):81-85. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.10.005>.
26. Wylie JD, Novais EN. Evolving understanding of and treatment approaches to slipped capital femoral epiphysis. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2019;12(2):213-219. <https://doi.org/10.1007/s12178-019-09547-5>.
27. Madan SS, Cooper AP, Davies AG, Fernandes JA. The treatment of severe slipped capital femoral epiphysis via the Ganz surgical dislocation and anatomical reduction: a prospective study. *Bone Joint J.*

- 2013;95-B(3):424-429. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.95B3.30113>.
28. Davis RL, 2nd, Samora WP, 3rd, Persinger F, Klingele KE. Treatment of unstable versus stable slipped capital femoral epiphysis using the modified dunn procedure. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(8):411-415. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000975>.
29. Ilharreborde B, Cunin V, Abu-Amara S, French Society of Pediatric O. Subcapital shortening osteotomy for severe slipped capital femoral epiphysis: preliminary results of the French multicenter study. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(9):471-477. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000854>.

Information about the authors

Dmitrii B. Barsukov* — MD, PhD, Senior Research Associate of the Department of Hip Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>. E-mail: dbbarsukov@gmail.com.

Alexei G. Baidurashvili — MD, PhD, D.Sc., Professor, Member of RAS, Director of The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-8123-6944>. E-mail: turner01@mail.ru.

Pavel I. Bortulev — MD, Research Associate of the Department of Hip Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>. E-mail: pavel.bortulev@yandex.ru.

Vladimir E. Baskov — MD, PhD, Head of the Department of Hip Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-0647-412X>. E-mail: dr.baskov@mail.ru.

Ivan Yu. Pozdnikin — MD, PhD, Research Associate of the Department of Hip Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>. E-mail: pozdnikin@gmail.com.

Andrey I. Krasnov — MD, PhD, Orthopedic and Trauma Surgeon of the Consultative and Diagnostic Department. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-9067-3732>. E-mail: turner02@mail.ru.

Mahmud S. Poznovich — MD, Research Associate of the Genetic Laboratory of the Center for Rare and Hereditary Diseases in Children and Neurosurgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-2534-9252>. E-mail: poznovich@bk.ru.

Marat S. Asadulaev — MD, Clinical Resident. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-1768-2402>. E-mail: marat.asadulaev@yandex.ru.