

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS96597>

原创研究



# 使用磁共振成像评估儿童剥脱性骨软骨炎病变愈合的新技术的研究

Andrey V. Semenov<sup>1</sup>, Mikhail S. Zubtsov<sup>1</sup>, Yuriy G. Lipkin<sup>1</sup>, Grigoriy S. Dibrivnyy<sup>2</sup>, Ivan N. Isaev<sup>2</sup>, Vladimir V. Koroteev<sup>2</sup>, Nikolay I. Tarasov<sup>2</sup>, Yulia I. Lozovaya<sup>1, 2</sup>, Dmitriy Yu. Vybornov<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Filatov Municipal Children Hospital, Moscow, Russia

**论证。**为了评估剥脱性骨软骨炎病灶内骨组织的恢复情况,传统上采用X线评分法。虽然被广泛使用,但这个量表并没有考虑到关节软骨的再生。由于需要一种可靠和通用的工具来评估剥脱性骨软骨炎病灶的愈合,一种新的量表被开发出来。该新的量表是基于对膝关节磁共振成像的分析,反映了关节软骨和软骨下骨的状态,以及剥脱性骨软骨炎病灶的总体愈合情况。

**本研究的目的是**根据磁共振成像的结果,确定评估剥脱性骨软骨炎病理病灶愈合的方法的可靠性。

**材料与方**法。研究了 Children's Municipal Clinical Hospital named after N.F. Filatov 对10名患有股骨髁剥脱性骨软骨炎的儿童在一年的随访期间通过磁共振成像进行的34项研究结果。除了一名儿童外,所有儿童都接受了关节内注射富含血小板血浆的经软骨骨手术。由6位不同专业水平的专家组成的小组对MRI结果进行了分析,涉及5个尺度参数。每位专家在4周内分析了两次。为了证实新技术的可靠性假设,使用了类内相关系数(ICC)。为了提高结果的可靠性,分别对早期(术后2-6个月)和晚期(术后9-12个月)行磁共振成像的亚组进行ICC计算。

**结果。**《骨物质水肿程度》指标的ICC值为0.972,《骨物质固结程度》为0.984,《骨物质结构》为0.977,《关节软骨结构》为0.977,《病灶总愈合程度》为0.993。对术后早期和晚期的磁共振成像亚组的分析证实了新技术的高度可靠性。在评估每位研究者间隔4周获得的数据的一致性时,整个样本的ICC值为0.86,术后早期的ICC值为0.81,术后晚期的ICC值为0.92 ( $p < 0.05$ )。

**结论。**所开发的磁共振成像剥脱性骨软骨炎病灶愈合评价量表具有较高的可重复性和可靠性,但要广泛应用于临床,还需要在大样本解剖性骨软骨炎患者中进行验证。

**关键词:** 剥脱性骨软骨炎; Kunig病; 儿童; 愈合评估方法; 磁共振成像; 对病灶愈合的评估。

## 引用本文:

Semenov AV, Zubtsov MS, Lipkin YuG, Dibrivnyy GS, Isaev IN, Koroteev VV, Tarasov NI, Lozovaya Yul, Vybornov DYU. 使用磁共振成像评估儿童剥脱性骨软骨炎病变愈合的新技术的研究. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2022;10(1):57-70. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS96597>

收稿日期: 2022年1月17日

审稿日期: 2022年2月17日

出版时间: 2022年3月24日



DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS96597>

Original Study Article

# Reliability of the novel MRI-based OCD lesion healing assessment tool for adolescent OCD of the knee

Andrey V. Semenov<sup>1</sup>, Mikhail S. Zubtsov<sup>1</sup>, Yuriy G. Lipkin<sup>1</sup>, Grigoriy S. Dibrivnyy<sup>2</sup>, Ivan N. Isaev<sup>2</sup>, Vladimir V. Koroteev<sup>2</sup>, Nikolay I. Tarasov<sup>2</sup>, Yulia I. Lozovaya<sup>1, 2</sup>, Dmitriy Yu. Vybornov<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Filatov Municipal Children Hospital, Moscow, Russia

**BACKGROUND:** One of the most debatable issues in osteochondritis dissecans (OCD) research is bone and cartilage healing assessment during OCD postoperative management. The x-ray scale developed by Wall and colleagues is a commonly used evaluation tool for OCD lesion assessment. This tool has excellent reliability but is associated with radiologic exposure. Also, it provides complete information about bone structure only, even though the articular cartilage is also involved in the pathological process. Lack of cartilage assessment combined with radiation exposure facilitated the development of the novel MRI-based OCD healing assessment tool. It could draw attention to bone and cartilage during healing assessment to improve decision-making in the postoperative period after OCD treatment.

**AIM:** This study assesses the reliability of a developed novel MRI-based OCD healing assessment tool.

**MATERIALS AND METHODS:** Ten patients with OCD of the femoral condyle were involved in the current study. A reliability test for the novel MRI-based assessment tool was performed with the expert group comprising six participants to assess 34 MRI studies of 10 patients. From all studies, one study was obligatory for each patient before the operative treatment, and a postoperative MRI study series was performed during the first postoperative year. Each MRI study was examined by each expert twice with a 4-week time lag. The novel MRI-based assessment tool consists of five criteria, of which the common criterion was “general healing,” incorporating all previously described ones. Each criterion was tested, and a two-way mixed-effects intraclass correlation coefficient (ICC) was used to assess intraobserver and interobserver reliability.

**RESULTS:** The main parameter “general healing” calculations were made first. Two patients achieved full OCD lesion healing with 100 scale points and two patients with 97.5 and 98.5 points, respectively. Other patients reached the cut-off value of 75 points and were defined as “healed with minimally detectable changes on MRI.” Second, a two-way mixed-effects ICC calculation was performed. The “bone marrow extension” parameter reached the value of 0.972, “the extent of the union” – 0.984, “bone structure” – 0.977, and “articular cartilage intensity and structure” – 0.977. The general healing parameter reached the value of 0.993. These values corresponded to the excellent marks according to the guidelines for ICC assessment. The novel MRI-based assessment tool showed excellent intraobserver and interobserver reliability.

**CONCLUSIONS:** The novel MRI-based assessment tool permits assessing bony and cartilage structures while making decisions about OCD lesion healing in the postoperative period. The novel OCD healing assessment tool has excellent intra-observer and interobserver reliability. Also, it is recommended for use in clinical and research practice since a study revealed a correlation of the MRI healing score with that of the clinical assessment tool.

**Keywords:** OCD; knee; osteochondritis dissecans; healing; healing assessment; MRI; children; adolescents; assessment tool.

## To cite this article:

Semenov AV, Zubtsov MS, Lipkin YuG, Dibrivnyy GS, Isaev IN, Koroteev VV, Tarasov NI, Lozovaya Yul, Vybornov DYU. Reliability of the novel MRI-based OCD lesion healing assessment tool for adolescent OCD of the knee. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2022;10(1):57–70. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS96597>

Received: 17.01.2022

Accepted: 17.02.2022

Published: 24.03.2022

УДК 616.71-018.3-002-08-073.756.8  
DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS96597>

Оригинальное исследование

## Новая методика оценки заживления очага рассекающего остеохондрита у детей с помощью магнитно-резонансной томографии

А.В. Семенов<sup>1</sup>, М.С. Зубцов<sup>1</sup>, Ю.Г. Липкин<sup>1</sup>, Г.С. Дибривный<sup>2</sup>, И.Н. Исаев<sup>2</sup>, В.В. Коротеев<sup>2</sup>,  
Н.И. Тарасов<sup>2</sup>, Ю.И. Лозовая<sup>1, 2</sup>, Д.Ю. Выборнов<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия;

<sup>2</sup> Детская городская клиническая больница имени Н.Ф. Филатова, Москва, Россия

**Обоснование.** Для оценки восстановления костной ткани в очаге рассекающего остеохондрита традиционно используют рентгенологическую шкалу. Несмотря на широкое применение, в этой шкале не учитывается восстановление суставного хряща. В связи с потребностью в надежном и универсальном инструменте оценки заживления очагов рассекающего остеохондрита была разработана новая шкала, основанная на анализе магнитно-резонансных томограмм коленного сустава, отражающая состояние суставного хряща и субхондральной кости, а также общее заживление очага рассекающего остеохондрита.

**Цель** — определение надежности методики оценки заживления патологического очага рассекающего остеохондрита по результатам магнитно-резонансной томографии.

**Материалы и методы.** Изучены результаты 34 исследований, проведенных путем выполнения магнитно-резонансной томографии 10 детям с рассекающим остеохондритом мыщелка бедренной кости в ДГКБ им. Н.Ф. Филатова в течение года наблюдения. Всем детям, кроме одного, проводили трансхондральные остеоперфорации с внутрисуставным введением плазмы, обогащенной тромбоцитами. Результаты магнитно-резонансной томографии анализировала экспертная группа из 6 человек разного уровня профессиональной подготовки по пяти параметрам шкалы — каждый эксперт дважды с интервалом в 4 нед. Для подтверждения гипотезы о надежности новой методики использовали коэффициент внутрикласовой корреляции (ИСС). С целью повышения достоверности результатов ИСС отдельно рассчитывали для подгрупп, в которых выполняли магнитно-резонансную томографию в раннем (2–6 мес. с момента операции) и позднем (9–12 мес.) послеоперационных периодах.

**Результаты.** Величина ИСС для показателя «степень отека костного вещества» составила 0,972, «степень консолидации» — 0,984, «структура костного вещества» — 0,977, «структура суставного хряща» — 0,977, «общее заживление очага» — 0,993. Анализ магнитно-резонансных томограмм в подгруппах раннего и позднего послеоперационных периодов подтвердил высокую степень надежности новой методики. При оценке согласованности данных каждого исследователя, полученных с интервалом в 4 нед., значение ИСС по всей выборке составило 0,86, значение ИСС в раннем послеоперационном периоде — 0,81, в позднем послеоперационном периоде — 0,92 ( $p < 0,05$ ).

**Заключение.** Разработанная шкала оценки заживления очагов рассекающего остеохондрита по магнитно-резонансной томографии обладает высокой степенью воспроизводимости и надежности, но для широкого клинического применения необходима ее валидация на большой выборке пациентов с рассекающим остеохондритом.

**Ключевые слова:** рассекающий остеохондрит; болезнь Кенига; дети; методика оценки заживления; магнитно-резонансная томография; оценка заживления очага.

### Как цитировать:

Семенов А.В., Зубцов М.С., Липкин Ю.Г., Дибривный Г.С., Исаев И.Н., Коротеев В.В., Тарасов Н.И., Лозовая Ю.И., Выборнов Д.Ю. Новая методика оценки заживления очага рассекающего остеохондрита у детей с помощью магнитно-резонансной томографии // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2022. Т. 10. № 1. С. 57–70. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS96597>

## 论证

剥脱性骨软骨炎(OD)是一种软骨下骨部位的有限坏死,随后形成骨软骨碎片,并进一步迁移到膝关节腔[1]。在儿童人群中,根据现代文献资料,每10万名患者中有2.3至31.6例剥脱性骨软骨炎[2]。剥脱性骨软骨炎的临床表现主要集中在13至18岁[2]。本病的发病机制和病因尚不明确[3]。机械损伤、软骨和骨结构的生物学和解剖特征被认为是导致该病发生的主要因素[3]。基于X光片数据(Berndt和Harty分型)、磁共振成像(MRI)(De Smet等人,Hefti等人,Dipaola等人,Chen等人)和关节镜检查(Guhl, Ewing-Voto分类)的众多分类系统[4, 5]已经被开发出来,用于评估和诊断剥脱性骨软骨炎病变,这已被临床研究证明是有效的。

治疗剥脱性骨软骨炎的方法主要有两种:保守治疗和手术治疗。根据文献,保守治疗剥脱性骨软骨炎只有33%的病例有效[6],而手术治疗后该指标在多项研究中达到100%[3]。根据Eismann等人的研究,保守治疗对于大约50-67%的稳定病变是成功的。对于不稳定及保守治疗不能解决的不稳定病变,均采用多种手术干预,除切除碎片外[7],所有手术治疗方法的阳性指标至少为62%。值得注意的是,目前剥脱性骨软骨炎治疗中亟待解决的问题之一是评估治疗后股骨髁区域解剖结构的恢复情况,该区域以前是剥脱性骨软骨炎的病灶所在。Ramski等人提出通过性别、年龄、病变部位、X线片来评估疾病阳性结局的可能性[8]。然而,根据489例患者的调查[8],并没有发现具有统计学意义的模式。Eismann等人开发了一种评估剥脱性骨软骨炎治疗结果的方法。该方法基于对X线片、诊断性关节镜检查和MRI获得的信息的综合评估。然而,一个小样本的患者(39例)和复杂的跨学科评估的治疗结果,目前不允许有效使用该技术。

为了评估剥脱性骨软骨炎损伤的愈合程度,E.J. Well等人的方法被认为是最可靠的。骨软骨炎病灶的特征,如关节面轮廓、与母体骨的相连、母体骨硬化、病灶区的骨化、总体愈合等都被纳入研究范围[5]。据研究人员介绍,病变的定位、骨生长区的成熟度、髁部的宽度、病变的大小、是否有碎裂、移位、病灶的边界、病变的轮廓和病变的放射学密度是评估治疗效果的关键特征[5]。事实证明,在应用现代统计方法时,该方法是可靠的,但也有一些明显的不足之处:它不能用来评估剥脱性骨软骨炎病灶区以上的关节软骨状况;也无法比较病灶外的股骨髁上经常发生的骨质肿胀程度,它间接反映了剥脱性骨软骨炎的初始严重程度。

为了全面评估剥脱性骨软骨炎的愈合情况,小儿外科制定了一个MRI引导下的愈合评估量表。

本研究的目的是根据磁共振成像的结果,确定评估剥脱性骨软骨炎病理病灶愈合的方法的可靠性。

本研究的目的是根据磁共振成像的结果,确定评估剥脱性骨软骨炎病理病灶愈合的方法的可靠性。

## 材料与方法

为了确认MRI评估剥脱性骨软骨炎治疗结果的方法的可靠性假设,我们决定使用类内相关系数(ICC)。对任何新的诊断技术的全面分析包括评估不同研究人员之间的指标的可靠性,以及同一研究人员在一定时间间隔内所做的指标之间的可靠性。

专家研究小组的组成在研究开始前就已确定,其成员对解剖性骨软骨炎患者的MRI扫描进行评估:1名6年級的医科大學學生、3名兒科外科二年級的住院醫師、1名創傷骨科醫師和1名最高級別的放射醫師。帶來核磁共振評估的學生和住院醫生,以證明新技術在不同培訓水平的專家使用時的可靠性和可重複性,這在國外研究實踐中被廣泛使用。

为了确定所分析的MRI数量(患者样本),进行了初步测试以估计研究的强度。在基线功率值内,已确定 $\alpha$ 值为0.05,强度(1- $\beta$ )为80%,这是计算所需患者数量的经典参数[4, 5]。

该研究包括10名确诊为股骨髁剥脱性骨软骨炎的儿童。他们在 Children's Municipal Clinical Hospital named after N.F. Filatov 创伤骨科的基础上接受了手术治疗。家长被告知研究设计,作者获得了参与研究的知情同意。剥脱性骨软骨炎的诊断方案包括膝关节X光片、计算机断层扫描和MRI。

在术后,所有患儿都接受了保守治疗,使用促进吸收的药物、钙和维生素D制剂以及一个疗程的高压氧治疗。MRI按照以下方案进行:术后2个月进行第一次随访检查;如果随访成像显示2个月后有明显改善的迹象,则在术后4个月进行



下一次核磁共振成像,以便在剥脱性骨软骨炎病灶消失的情况下尽早进行动员。如果没有明显的动力表现为剥脱性骨软骨炎病灶处的低强度条带减少,骨物质水肿减少,则术后6个月再次行MRI检查。所述的策略是为了减少核磁共振室的负担,以及减少其预算。对患者的进一步检查包括在术后6个月进行CT扫描。对于正在进行的患者,在术后9个月和12个月进行术后MRI晚期扫描(术后6-12个月),而对于之前病变愈合的患者,只在术后12个月进行,以监测这类患者由于早期开始运动而可能出现的复发。

膝关节的MRI检查是在 Children's Municipal Clinical Hospital named after N.F. Filatov 放射诊断部的东芝医疗系统 Excelart Vantage 1.5T上进行的。一位放射科医生,诊断肌肉骨骼病理的专家,分析了MRI的结果。由于各种因素,包括 Children's Municipal Clinical Hospital named after N.F. Filatov 以外的MRI使用不同的协议,以及患者缺少对照MRI,共有10名处于剥脱性骨软骨炎不同阶段的儿童的34张膝关节MRI扫描片被提交给专家小组进行评估。核磁共振扫描包括每个病人至少1次术前核磁共振扫描,以及在随访期间的一系列术后核磁共振扫描,时间间隔为:从手术时间起2-4、6、9和12个月。所有的MRI研究均以静态切片的形式呈现,该切片具有最清晰的可分辨性和最大可能的剥脱性骨软骨炎病灶。34张MRI扫描中的每一张都包括矢状面和额状面的投影。MRI检查模式如下:层面厚度(slice thickness)3.0 mm;分辨率0.56 mm;矩阵大小(PE-matrix)320;视野(PE-FOV)18.0 cm;重复时间(repetition time)2800 ms,回声时间(echo time)18.0 ms,采集矩阵(acquisition matrix)为384/288。在PDFS模式下,使用RadiAnt DICOM Viewer 2021.2中的《曲线内面积估计》工具评估患者剥脱性骨软骨炎病灶的大小。

临床结果采用Pedi-IKDC量表进行分析。该量表是专门为评估儿童的膝关节功能而设计的,并已在儿童运动创伤学实践中得到验证[9]。

根据国际公认的剥脱性骨软骨炎研究会(ROCK—Research in OsteoChondritis of the Knee)的分类法对病变进行分期[5]。除一名儿童外,所有儿童都接受了膝关节的关

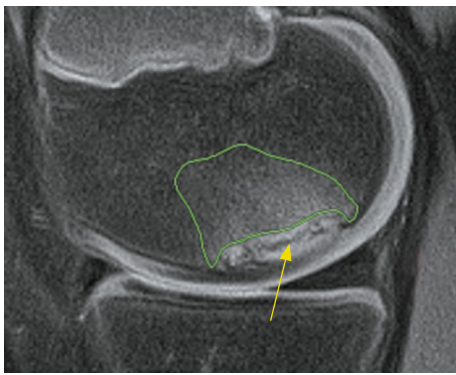
节镜手术,并在剥脱性骨软骨炎病灶内进行了血管再造术和富含血小板血浆(PRP——platelet rich plasma)生物刺激术。根据ROCK分类法,这些儿童有稳定的I-III期骨软骨炎病灶,没有关节软骨损伤。对剥脱性骨软骨炎病灶进行经软骨打孔,然后在关节内注射血浆(富含血小板),使用1.6 mm的钢针,钢针的每个入口之间的距离不超过5 mm,深度至少2 cm。术前患者血液双离心获得富血小板血浆,手术结束后抽吸等渗氯化钠溶液后注入关节。一名患有全层软骨缺损(ROCK VIB期)的儿童在关节内切除PRP后,出现了骨穿孔和生物刺激的碎片。

一个科学小组根据E.J. Wall量表[5]开发了一个新的MRI评价量表。该量表确定了专家组的组成,但不属于专家组的一部分。该量表适用于评估剥脱性骨软骨炎病灶的MRI研究,并采用了几个改进的评价标准。小组成员被要求在四个独立的参数上对所有MR病灶进行评分,每个参数可酌情给予0至100分。专家组的参与者在经历了两阶段的临床实例培训后,才对MRI进行评估。下面是对所制定的量表的每个参数的详细描述。

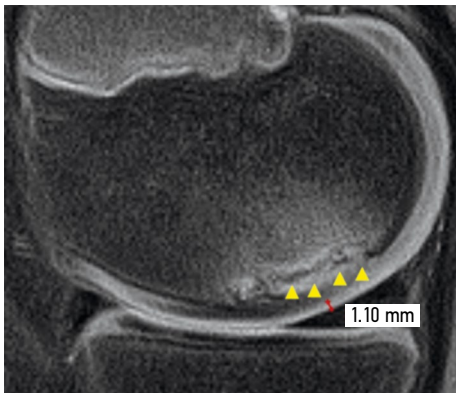
1. 骨物质水肿程度。该参数代表完整的股骨髁部骨面积,并被估计为病灶周围骨质肿胀的粗略百分比,它由信号强度增加的病灶上方的母体髁部骨面积表示。矢状面和额状面投影的累积数字是通过计算算术平均值得到的。例如:检查者估计病变上方的水肿量在矢状面为股骨髁的30%,在正面为50%。髁状突的平均病变率为40%。因此,髁状突的完整面积为 $100-40=60\%$ 。在这种情况下,评估员被要求给这个参数打60分。

图1示矢状位PDFS模式下儿童膝关节的MRI表现,病灶为剥脱性骨软骨炎。一条连续的线标志着骨的母体部分强度增加的区域,对应于骨实质的水肿。它约占髁状突的25%。

2. 骨物质固结程度。该参数反映了母体骨与骨软骨碎片之间的连接程度。母体部分是指不属于骨软骨碎片的股骨髁的骨组织,但与病灶相邻,在X光片上通常表现为一圈硬化的痕迹。巩固率是指母体骨和骨软骨碎片之间的低密度线的长度与沿母体骨线的病灶总长度的百分比。使用计算矢状面和额状面之间的算术平均值的方法,计算出总体的固结程度。



**图 1** 一个患局灶性剥脱性骨软骨炎的儿童的膝关节的磁共振成像在PDFS的矢状视图中。一条连续的线标志着骨的母体部分强度增加的区域，对应于骨实质的水肿。它约占髌状突的25%。箭头表示骨软骨碎片和母体骨之间的低密度带。母体骨占据了整个前部至后部病灶长度的80%左右，镶嵌式排列的高浓区对应的是仍然部分连接碎片和母体骨的骨组织

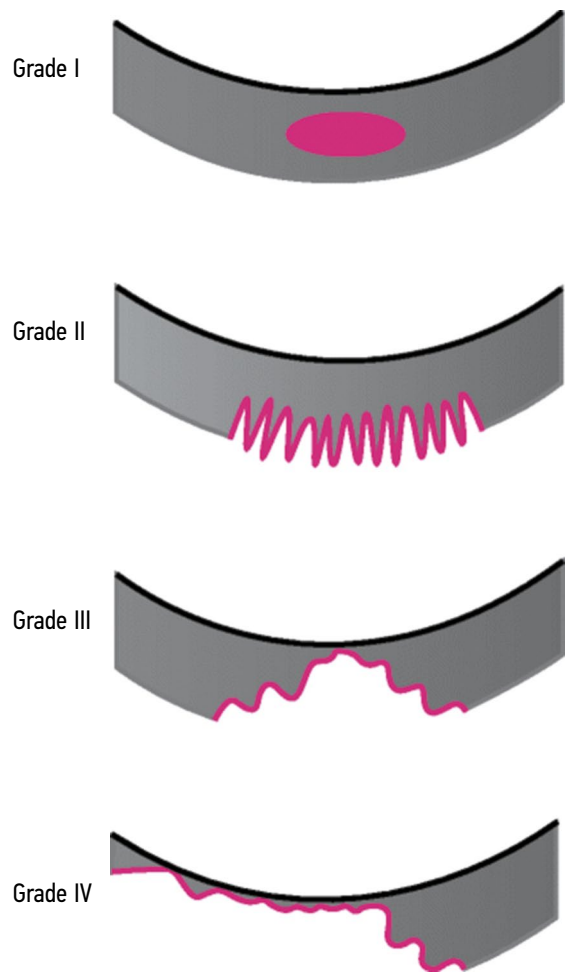


**图 2** 一个患局灶性剥脱性骨软骨炎的儿童的膝关节的磁共振成像在PDFS的矢状视图中。箭头所指的是骨软骨炎病灶中骨质部分区域，后者颜色为高强度，在靠近关节软骨处有灰黑色的色阶

例如：如果低密度线的长度在矢状面为70%，在额面为60%，与母体骨上病灶的整个长度相比，平均为65%。这意味着65%的碎片与母体骨分离，65%是巩固性受损的区域。由于100分代表完全巩固，建议设 $100-65=35$ 分。

在图 1中，箭头表示骨软骨碎片和母体骨之间的低密度带。母体骨占据了整个前部至后部病灶长度的80%左右，镶嵌式排列的高浓区对应的是仍然部分连接碎片和母体骨的骨组织。

3. 骨骼结构。该参数通过剥脱性骨软骨炎病灶骨部分的信号强度和病灶破碎程度来评估，间接反映了剥脱性骨软骨炎病灶骨组织结构变化的程度。以该MRI图像上可见的关节软骨（0分为信号最强，染色最白）和完整的骨组织（100分为信号最弱，染色最黑）之间的黑白尺度的信号强度为基础。碎裂的程度



**图 3** 国际软骨修复学会 (ICRS) 对关节软骨损伤的分类。该量表采用100分制，为方便使用。一级为85分。在软骨厚度不变的情况下出现单一的低整合区域。II级为60分。软骨边缘的厚度增加/不规则。III级为30分。软骨变薄和不规则。四级为0分。全厚度缺损是指该区域缺乏软骨

是一个额外的特征，为评估病灶中的骨组织增加了可信度。严重碎裂或骨质缺损的评分接近于0，完全没有的评分为100。例如，病灶内的骨组织，从信号的程度来看，几乎完全对应于两个凸出物中髌突完整关节软骨的信号，位于离病灶一定距离的剥脱性骨软骨炎。有一个骨性病灶。在这种情况下，他们给0到10分的分数。如果根据强度程度，病灶内骨组织阴影处位于关节软骨与完整骨组织之间，病灶骨部分无明显碎裂，建议给50分。当病灶骨部分碎裂时，点数不能超过20个。

在图 2中，箭头所指的是剥脱性骨软骨炎病灶中的骨性区域，后者颜色为高强度，在靠近关节软骨处有灰黑色的色阶。建议给10分。

4. 关节软骨的评估采用ICRS量表[10]，该量表提供了基于MR成像的软骨损伤的四个阶段。为了便于



计算,新方法中的比例尺已被转换为点数计算。

第一阶段为85分,第二阶为65分,第三阶段为30分,第四阶段(无关节软骨)为0分(图3)。

图4剥脱性骨软骨炎病灶中的关节软骨信号变薄和低强度。根据ICRS, MR图像对应的是III期软骨损伤。建议给10分。

5. 病灶的总体愈合。与E. J. Wall[5]最初的研究不同,这个参数是根据上述四种方法的算术平均值计算的。

作为一个单独的指标, MRI评估病灶的完全消失,其特征是软骨下骨无信号增加或结构改变的变化,完整的关节软骨贯穿股骨髁。

在进行研究之前,所有的医生都被告知使用建议量表的特点,研究的设计。所有的主要论文和研究评估的详细说明都以Microsoft PowerPoint演示的形式呈现。每隔3天进行两次指导,包括解决典型的临床任务,以评估儿童剥脱性骨软骨炎病灶的MR图像:提出4个不同类型的剥脱性骨软骨炎病灶的临床病例。专家们没有参与选择、准备或治疗本研究工作中所使用的核磁共振研究的病人。磁共振研究切片的选择是由放射科医生进行的(该专家不属于评估研究的专家组)。所有的临床病例都是随机排序的,以客观评估每个参与者的研究。

每位专家分别评估了34项试验,并为四个指定参数中的每一项打分,但《总体愈合》除外,然后填写了一份个人可访问的电子表格。所有34项试验都由每个参与者在4周内评估两次,这样就可以了解同一研究者之间的可靠性程度。

这些数据被合并到每个参数的单独表格中,并附有所有专家的评分。计算ICC以确定专家之间的一致性和每个专家个人评估的一致性,设定的时间间隔为4周。在SPSS 26 (IBM)中使用双因素混合方法计算了量化估计值一致性程度的ICC。ICC值的结果是根据J. R. Landis等人的方法来解释的[11]。使用非参数曼-惠特尼方法比较了《完全愈合的病灶》和《最小愈合的病灶》的患者组之间的ICC得分。 $p < 0.05$ 的值被视为具有统计学意义。

## 结果

10名患有股骨髁剥脱性骨软骨炎的儿童在不同随访期的MRI扫描结果被用来验证新评估量表的可靠性。患者的平均年龄为12.7岁(7至16岁),

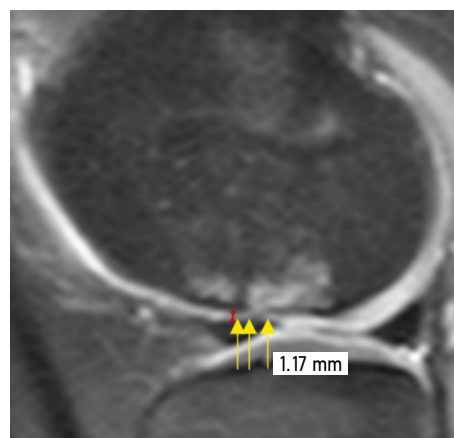


图4 一个患局灶性剥脱性骨软骨炎的儿童膝关节的磁共振成像在PDFS的矢状视图中。剥脱性骨软骨炎病灶区关节软骨信号变薄、低强度。根据ICRS, MR图像对应的是III期软骨损伤

其中6名男孩和4名女孩。7例患者中,剥脱性骨软骨炎病灶位于股骨髁中部,3例患者为股骨髁后部。5例患儿的剥脱性骨软骨炎病灶位于外侧,5例位于内侧髁。

MRI上的病灶在矢状面平均为 $1.04 \text{ cm}^2$ ,在额状面平均为 $0.86 \text{ cm}^2$ 。IKDC术前问卷的平均得分是58分(36至82分),随访结束时是83分(52至98分)。

对数据的初步分析表明,要确定类内相关系数的最大值和偏差不超过0.1,如果专家人数为6人,必须向专家组提供至少19份MRI研究。为了提高计算的可靠性和增加研究的力度,决定将10例剥脱性骨软骨炎患儿的34例膝关节MRI结果纳入本研究。

新的MRI愈合评估技术的可靠性研究结果是分阶段进行评估的。

第一阶段是根据新量表的《总体愈合》指标来分析病人的治疗结果。根据总体疗效评分,2名患者得了100分,2名患者得了97.5分和98.5分。对照的MRI扫描显示骨质没有结构性变化,并且显示整个股骨髁的关节软骨的信号强度相同,这被认为是《病变完全愈合》。其余6名患者在一年随访中(引入富血小板血浆的骨穿孔术)的总体愈合分数如下:77分、86分、91分、95分、82分、38分。一位被发现有全厚软骨缺损的患者在新的评估量表上得到了38分。这主要是由于部分软骨下骨的缺失和剥脱性骨软骨炎区域上方完全没有关节软骨。根据E. J. Wall评估方法,需要75分以上才能识别出剥脱性骨软骨炎病

**表 1** 评估剥脱性骨软骨炎病灶愈合的各参数在磁共振尺度上的类内相关系数值

率	骨物质水肿程度	骨物质固结程度	骨骼结构	关节软骨的评估	病灶的总体愈合
类内相关	0.972	0.984	0.977	0.977	0.993

**表 2** 在早期(术后2-6个月)和晚期(术后9-12个月)通过MRI评估剥脱性骨软骨炎愈合的各参数的类内相关系数。当两组参数差异有统计学意义时,括号中表示 $p$ 的值

阶段	骨物质水肿程度	骨物质固结程度	骨骼结构	关节软骨的评估	病灶的总体愈合
术后早期(2-6个月)	0.974	0.968	0.935	0.986	0.989
术后晚期(9-12个月)	0.537 ( $p < 0.05$ )	0.987	0.987 ( $p < 0.05$ )	0.988	0.988

灶的过程。尽管MRI和X线评估方法存在差异,但本研究使用了相同的边界:总体愈合参数指标大于75分,无临床残留症状,患儿被允许轴向负荷和充分的日常活动。这就是为什么在上述5例患者中,剥脱性骨软骨炎病灶被认为是《最小愈合的病灶》,然而,1例患者未发生愈合,这是根据解剖性骨软骨炎的临床表现所预期的。考虑到E.J. Wall放射学评分的参数,当剥脱性骨软骨炎的过程在新的评估量表上达到75分时,我们将其定义为完成,在所有研究中,平均在6.6个月内达到该值。

34例MRI扫描均分为《术后早期》(术后2-6个月)和《术后晚期》(术后9-12个月)。这是因为当确定患者之间的临床差异时,可以将其分为两大类:有《完全愈合》病灶的患者和有《最小愈合》病灶的患者。术后6个月内完全愈合。因此,这类患者在手术后12个月内的MRI参数值没有差异,等于100分,这可能有助于专家间评估的类内相关系数的值。在随访的前2-6个月(术后2、4和6个月的对照MRI)和术后9-12个月(术后9和12个月的对照MRI)计算类内相关系数,以确定该因素的干预程度。从2到6个月,共有10名患者进行了21项研究,从9到12个月的随访,有10名患者进行了15项研究。研究次数的差异是由于在发现有《病变完全愈合》的患者中,由于愈合的动态变化很快,在术后2、4和6个月进行MRI检查,随后在术后12个月才进行。

在第二阶段,对总样本(34项MRI研究)计算ICC。调查员之间在所有指标上都有很高的一致性,总体疗效得分的最高值为0.993。结果列于表1。

在第三阶段,根据从手术时间开始的对照核磁共振扫描的时间,计算两组患者各自的ICC。

随访时间最长不超过6个月的亚组的ICC为0.974,与总样本计算的数字相比仍然很高。固结水平的ICC值为0.968,相对于总样品的结果略有下降。病灶骨组织结构指数为0.935,关节软骨结构指数为0.986,总体愈合指数为0.989。术后早期类内相关系数评价结果及术后后期指标对比数据如表2所示。

在对术后9至12个月的亚组分析中,调查者之间的总体一致性似乎降低了,这可能是由两个因素造成的:样本量减少(为了评估手术后9-12个月间剥脱性骨软骨炎病灶的MRI表现,我们只分析了13项研究,而总分析的研究有34项),以及随着术后随访时间的增加,一些指标之间的极性同步增加。例如,水肿指数的类内相关系数仅为0.537。这与愈合的病变完全没有水肿以及治疗效果不佳的患者的水肿持续存在直接相关。然而,其他指标的差异无统计学意义:巩固指数的ICC值为0.987,骨结构的ICC为0.987,软骨结构的ICC为0.988,总体愈合的ICC为0.988(表2)。

在第四阶段,确定每隔4周获得的每个研究人员的个人评估的一致性。在计算ICC时,每个研究人员的估计都显示出了良好的一致性——ICC的总值为0.86。在术后早期亚组(术后2至6个月的MRI),ICC值为0.81,这也是一个很好的可靠性指标。在术后后期组(9至12个月),ICC值为0.92。曼-惠特尼系数评估结果的差异具有统计学意义( $p < 0.05$ ),其原因是术后后期,大多数病灶均有愈合模式,这简化了该病灶在新量表上的排名。然而,在确定术后早期亚组中最难评估的病灶的专家内部可靠性时,ICC 0.81的值仍然表明新量表在术后任何时间都具有适用性。



## 愈合评估——PDFS—MRI模式——改良E. J. Wall量表

骨骼肿胀 (0-100分)

将碎片与母体骨骼相连 (0-100分)

骨骼结构 (0-100分)

ICRS信号和软骨厚度 (0-100分)

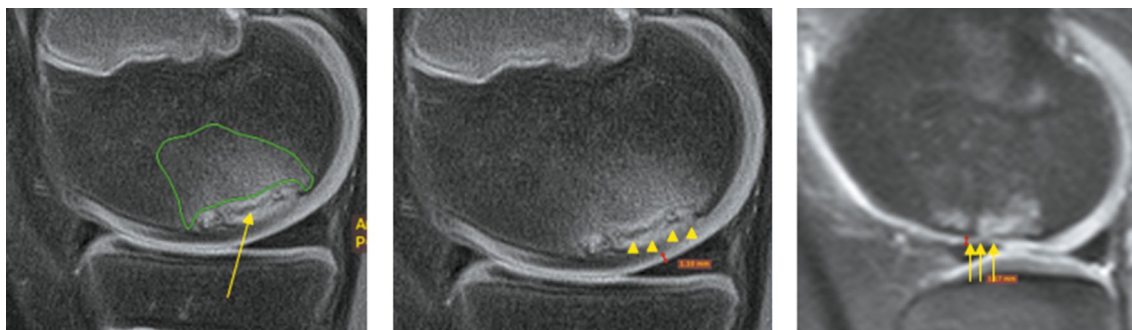
总体愈合  
(0-100分)

图5 愈合评估的总体方案由四个主要参数来评估剥脱性骨软骨炎病灶的愈合情况: 骨质肿胀(左图中用连续的线条圈出); 巩固程度(病灶的骨软骨碎片与母骨之间的线条, 左图中的箭头表示); 骨结构(通过骨密度和结构评估); 关节软骨结构(右图中用箭头表示)

根据制定的剥脱性骨软骨炎愈合评估量表, 按照新的分类方法确定愈合程度, 主要评价参数为《病灶总体愈合》指标(图5)。

总体愈合指数计算为新剥脱性骨软骨炎病灶评估量表中骨物质水肿、固结程度、骨结构、关节软骨四个参数的算术平均值。术后2个月后的得分平均为58分, 术后12个月后增加到70分(从30分到100分不等)。根据专家评估, 确定根据MR图像识别愈合病灶所需的新分类点数——阈值为75。10个孩子中有6个达到了这个阈值。他们的病变在一年的随访结束时被认为已经痊愈。

所有Pedi-IKDC评分为75分的患者都有明显的积极趋势: 在6名总体愈合评分超过75分的患者中, Pedi-IKDC量表上受累膝关节总体功能的平均得分是89%。这反映了临床问卷量表与MRI评估剥脱性骨软骨炎病灶愈合的新方法的正相关。然而, 对这些数据的解释应该谨慎, 因为为了评估相关性的强度和方向, 我们应该采用比本研究中更多的患者样本中分析相关性的方法。临床评估量表与MRI评估量表的相关性程度的评估并非本研究的目的。

## 讨论

剥脱性骨软骨炎主要影响年轻活动者, 在11-14岁年龄组发病率较高[2]。本病的病程具有分期特征, 在过渡到骨软骨碎片分离阶段, 本病导致膝关节形成关节的风险增加[12]。

剥脱性骨软骨炎患儿的术前检查包括膝关节的X光片和核磁共振, 以获得骨缺损的大小、关节软骨损伤的表面积, 以及剥脱性骨软骨炎病灶的稳定性数据, 以确定治疗策略。

剥脱性骨软骨炎的治疗策略取决于疾病的阶段、临床症状的持续时间、患者的年龄和运动情况。目前普遍接受的早期治疗是保守治疗6个月, 50-67%的病例疗效满意[2]。如果没有效果, 则采用手术治疗[1-8, 13-19]。在手术技术中, 在早期阶段通过骨手术对病灶区剥脱性骨软骨炎的再生进行生物刺激, 其效率高达91%[20], 用螺钉或别针固定骨软骨碎片, 在碎片接骨时的效率高达100%[21]。在后期阶段, 根据软骨和骨缺损的大小, 采用不同类型的软骨成形术: 采用来自患者股骨髁的非承重区域的骨软骨柱的骨软骨镶嵌移植成形术, 或使用间充质干细胞的软骨成形术[22, 23]。

作为剥脱性骨软骨炎患者随访的一部分, 骨科医生使用各种技术来监测病变的愈合情况: X射线、CT扫描和MRI扫描。这使得在系统回顾中很难结合数据来评估剥脱性骨软骨炎的治疗效果。

尽管有大量的研究调查了剥脱性骨软骨炎的早期治疗效果, 但对患者的术后评估仍没有统一的方案。唯一普遍接受且可靠的评估病变愈合的方法是 The Research on Osteochondritis dissecans of the Knee study group (ROCK) 的基于膝关节X光片的术后结果评价量表[5, 6]。

尽管由于放射照相术的普及, 这项技术的发展非常方便, 但它无法可靠评估剥脱性骨软骨炎病灶区域内的关节软骨、剥脱性骨软骨炎病灶区域外的股骨髁状况, 同时伴有患者接受一定剂量的伽马射线照射。

针对这些缺点, Children's Municipal Clinical Hospital named after N.F. Filatov 创伤和骨科与 Pirogov Russian National Research Medical University 小儿外科系的工作人员合作, 开发了一种通过MRI评估解剖性骨软骨炎愈合的方法。与现有的放射学技术相比, 该技术的潜在优势是没有辐射暴露, 能够间接确定愈合过程的活动或剥脱性骨软骨炎病灶的持久性(通过剥脱性骨软骨炎病灶区域外股骨髁骨物质的水肿程度), 并评估剥脱性骨软骨炎病灶上方的关节软骨。值得一提的是核磁共振的另一个优势。在一些病例中, 在骨手术后MRI观察病变剥脱性骨软骨炎的愈合时, 剥脱性骨软骨炎的过程仍在继续, 进入骨软骨碎片与母床部分分离的阶段。MRI可显示剥脱性骨软骨炎病灶不稳定的早期迹象: 母骨与骨软骨碎片之间呈高强度线, 病灶周围软骨下板损伤, 多发软骨下囊肿或直径大于5 mm的大软骨下囊肿[24]。在病灶不稳定的情况下, 可以进行早期重复手术干预, 用螺钉固定骨软骨碎片。

任何诊断技术的可靠性都必须得到确认。如果不同的研究人员用相同的方法来解释数据, 并且一个研究人员以相同的方式评估数据, 至少间隔一个月, 那么该方法被认为是可靠的和广泛使用的。现代统计方法证实了这一点。根据大多数研究, 确定诊断技术或量表的可靠性的最佳方法是ICC[16]。根据普遍接受的规则, 该技术被认为是有效的, 如果ICC值为0.6或以上, 则表明不同医生使用该技术时具有显著的可靠性。如果系数在0.8以上, 可靠性就很高[11]。

在本研究中, 通过MRI评估剥脱性骨软骨炎病变愈合的方法在确定专家之间的一致性方面显示了良好的可靠性水平。该系统评估剥脱性骨软骨炎病变愈合的依据是影像学评估的方法, 因此, 对临床医生来说, 有几个标准具有类似的意义: 骨物质固结程度, 其反映了骨软骨区愈合的成就, 以及骨性物质的结构。Wall等人提出的ICC的《固结》标准的可靠性为0.89, 而新的MRI分

类的《骨物质固结程度》为0.984。《骨骼结构》的ICC为0.977(根据E. J. Wall, 类似的《骨化》标准为0.88)。根据Landis和Koch的研究[11], 这两个指标都达到了很好的可靠性分数, 表明这两种方法之间的一致性。

除了评估母骨区骨结构和实变障碍的标准外, E. J. Wall最初的研究还考虑了三个标准: 评估髁突轮廓、剥脱性骨软骨炎病灶附近母体骨硬化程度、病灶大小。这些标准的特点是ICC分别为0.75; 0.84和0.77。病灶大小和髁状体轮廓被认为是很好的指标, 但在开发的MRI量表上评价这些参数时, 其可靠性低于固结和骨结构指标。病变总体愈合的ROCK评分显示出高度的可靠性, ICC为0.94, 而MRI的ICC为0.99。放射学评估量表的缺点是无法确定骨物质水肿程度, 因此无法确定母体骨和关节软骨异常的严重程度。

除了评估骨结构外, 新的MRI指导下的愈合评估还使用了另外两个参数: 《关节软骨评估》, 其特点是ICC值为0.97, 以及《骨物质水肿程度》, ICC为0.972。这些指标与旧的方法有很大的不同: 对水肿的评估可以间接说明股骨髁的损伤程度和过程的活性。患有剥脱性骨软骨炎的儿童在手术后会出现明显的骨质水肿, 平均持续4-6个月, 有些情况下会更久, 这表明股骨髁的骨重塑过程正在进行。核磁共振扫描对关节软骨的评估对于恢复体育活动是至关重要的。长期以来, 大多数儿童在运动时出现明显的疼痛综合征。这是在本研究过程中发现的, 也在世界文献中有描述: 高达16%的儿童在剥脱性骨软骨炎合并关节软骨部位缺失后, 甚至在手术治疗14年后也可能出现疼痛综合征[12]。

ROCK放射学技术的作者比较了术后同一研究者之间每个标准的评估ICC分数, 还比较了术后2至24个月的时间间隔的总体愈合率。固结、母体骨质硬化和总体愈合评分通过了0.8的临界值, 显示出极好的可靠性, 而病灶的大小、骨质轮廓和骨化程度分别为0.77; 0.75和0.74。在2个月和2年之间, 总体愈合率从0.65适度增加到0.7, 在随访的第二年末略微下降到0.69。在本研究中, 总体愈合标准的可靠性指标在术后1年末也逐渐升高(从0.81上升到0.92), 明显高于E. J. Wall等人。



表3 动力学相关系数的估计

指标	骨物质水肿程度	骨物质固结程度	骨骼结构	关节软骨的评估	病灶的总体愈合
一般值(不分组)	0.972	0.984	0.977	0.977	0.993
术后早期	0.974	0.968	0.935	0.986	0.989
术后后期	0.537	0.987	0.987	0.988	0.988

总的来说, MRI评估病变愈合的方法在手术开始的不同时间, 无论是由不同的研究者进行评估, 还是由同一位研究者以时间间隔进行评估, 都显示出良好的可靠性(见表3)。

在本研究的10例患者中, 除1例外, 所有患者在手术干预一年后都实现了病变的愈合。因此, 90%的剥脱性骨软骨炎病灶被记录愈合(MRI评分超过75分), 病灶的平均大小为3.11 cm<sup>2</sup>。K. Davidson等人通过对病变区域进行骨髓穿刺浓缩液(BMAC)的前向骨穿治疗稳定的剥脱性骨软骨炎。采用E. J. Wall量表对治疗效果进行评价: 对76.5%的病灶, 获得75分的指标, 即为痊愈。平均愈合时间10.6个月, 病灶平均大小4.07 cm<sup>2</sup>[25]。由于我们研究的样本量较小, 因此不可能得出哪种方法更有效的结论。然而, 由于K. Davidson等人的研究中病灶的平均大小较大, 从已经研究过的剥脱性骨软骨炎病程特征来看, 满意结果的数量较少是可以理解的。在检索PubMed、Medline、Embase数据库时, 没有其他外国文献使用全文ROCK评分量表。

因此, 新的MRI剥脱性骨软骨炎病灶愈合评估量表无论是在不同的研究者之间, 还是在同一位研究者间隔时间进行评估时, 都具有很高的可靠性和可重复性。在消极方面, 样本量太小, 无法测试评估剥脱性骨软骨炎后恢复情况的临床量表数据与新的MRI量表上剥脱性骨软骨炎病灶的愈合分数之间的关系。为了将该量表引入到术后随访的诊断方案中, 有必要对更多的患者进行使用该量表的研究。

## 结论

在研制的MRI评估病灶剥脱性骨软骨炎愈合程度量表的帮助下, 不仅可以评估病灶骨部分的愈合情况, 还可以评估关节软骨的状态及其动力学; 整个髌突向骨组织扩散的程度以及整个髌突骨修复过程的动力学; 早期发现病灶不稳定的迹象, 以便在病灶不稳定的剥脱性骨软骨炎

治疗不满意的情况下及时干预。研究人员个体评估的一致性, 以及不同研究人员之间的一致性, 表明该技术具有高度的可靠性, 但为了在临床实践和科学活动中广泛使用, 该量表应该在更大样本的剥脱性骨软骨炎患者中进行测试。

## 附加信息

**资金来源。**没有资金来源。

**利益冲突。**作者声明, 不存在与本文发布有关的明显和潜在利益冲突。

**伦理审查。**该研究是根据 The World Medical Association The Declaration of Helsinki 标准进行的, 该宣言由联邦国家预算机构 Pirogov Russian National Research Medical University 的地方伦理委员会俄罗斯卫生部批准(2020年3月16日第194号议定书)。作者以书面形式获得患者(或其法定代表)自愿同意参与研究并发表医疗数据。

**作者的贡献。**A. V. Semenov——负责研究设计规划、文献检索、出版物分析、统计数据处理、工作成果描述、得出结论、参与统计分析、撰写出版物。M. S. Zubtsov——负责文献检索、文献筛选、文献分析、成果描述、结论形成、参与剥脱性骨软骨炎病灶愈合评估, 撰写文献。Yu. G. Lipkin——负责定义文献检索策略、分析出版物、统计数据处理、描述工作结果。G. S. Dibrivnyy——负责对儿童剥脱性骨软骨炎MRI研究的评估和描述, 编写剥脱性骨软骨炎病灶愈合的评估参数, 根据研究结果进行专家评估, 制定研究结果和结论。I. N. Isaev——负责制定研究结论和结果, 咨询疾病的手术治疗方法, 实施儿童剥脱性骨软骨炎手术。V. V. Koroteev——负责研究结论和结果的制定, 咨询治疗该病的手术方法和评估剥脱性骨软骨炎病灶愈合的方法, 实施儿童剥脱性骨软骨炎手术。N. I. Tarasov——负责结论的制定、结果的评价、疾病手术方法的咨询。Yu. I. Lozovaya——负责参与科研工作的策划、研究成果、结论的撰写、刊物的编委工作。D. Yu. Vibornov——负责本次研究的规划设计、研究开展总指导方针的实施和刊物的撰写, 刊物总编委。

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。

**感谢。**作者感谢联邦国家高等教育自治教育机构 Pirogov Russian National Research Medical University 的小儿外科H. P. Machikhilyan, R. F. Askerov, A. M. Chmyhova, T. A. Kolesnichenko住院医师在研究中的协助。



## REFERENCES

1. Ellermann J, Johnson CP, Wang L, et al. Insights into the epiphyseal cartilage origin and subsequent osseous manifestation of juvenile osteochondritis dissecans with a modified clinical MR imaging protocol: a pilot study. *Radiology*. 2017;282(3):798–806. DOI: 10.1148/radiol.2016160071
2. Uppstrom TJ, Gausden EB, Green DW. Classification and assessment of juvenile osteochondritis dissecans knee lesions. *Curr Opin Pediatr*. 2016;28(1):60–67. DOI: 10.1097/MOP.0000000000000308
3. Parikh SN, Allen M, Wall EJ, et al. The reliability to determine “healing” in osteochondritis dissecans from radiographic assessment. *J Pediatr Orthop*. 2012;32(6):e35–e39.
4. Masquijo J, Kothari A. Juvenile osteochondritis dissecans (JOCD) of the knee: current concepts review. *EFORT Open Rev*. 2019;4(5):201–212. DOI: 10.1302/2058-5241.4.180079
5. Eismann EA, Pettit RJ, Myer GD. Management strategies for osteochondritis dissecans of the knee in the skeletally immature athlete. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014;44(9):665–679. DOI: 10.2519/jospt.2014.5140
6. Wall EJ, Milewski MD, Carey JL, et al. The reliability of assessing radiographic healing of osteochondritis dissecans of the knee. *Am J Sports Med*. 2017;45(6):1370–1375. DOI: 10.1177/0363546517698933
7. Krause M, Harpelfmeier A, Moller M, et al. Healing predictors of stable juvenile osteochondritis dissecans knee lesions after 6 and 12 months of nonoperative treatment. *Am J Sports Med*. 2013;41(10):2384–2391. DOI: 10.1177/0363546513496049
8. Ramski DE, Ganley TJ, Carey JL. A radiographic healing classification for osteochondritis dissecans of the knee provides good interobserver reliability. *Orthop J Sports Med*. 2017;5(12):2325967117740846. DOI: 10.1177/2325967117740846
9. Wall EJ, Polousky JD, Shea KG, et al. Novel radiographic feature classification of knee osteochondritis dissecans: a multicenter reliability study. *Am J Sports Med*. 2015;43(2):303–309. DOI: 10.1177/0363546514566600
10. Nguyen JC, Liu F, Blankenbaker DG, et al. Juvenile osteochondritis dissecans: cartilage T2 mapping of stable medial femoral condyle lesions. *Radiology*. 2018;288(2):536–543. DOI: 10.1148/radiol.2018171995
11. Brianskaia AI, Baindurashvili AG, Arkhipova AA, et al. Arthroscopic knee surgery in children. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2014;2(3):18–23. (In Russ.). DOI: 10.17816/PTORS2318-23
12. Kozhevnikov AN, Pozdeeva NA, Konev MA, et al. Juvenile arthritis: clinical manifestations and differential diagnosis and differential diagnosis. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2014;2(4):66–73. (In Russ.)
13. Walter SD, Eliasziw M, Donner A. Sample size and optimal designs for reliability studies. *Stat Med*. 1998;17(1):101–110. DOI: 10.1002/(sici)1097-0258(19980115)17:1<101::aid-sim727>3.0.co;2-e
14. Bonett DG. Sample size requirements for estimating intraclass correlations with desired precision. *Stat Med*. 2002;21(9):1331–1335. DOI: 10.1002/sim.1108
15. Kleemann RU, Krockner D, Cedraro A, et al. Altered cartilage mechanics and histology in knee osteoarthritis: relation to clinical assessment (ICRS Grade). *Osteoarthritis Cartilage*. 2005;13(11):958–963. DOI: 10.1016/j.joca.2005.06.008
16. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159–174.
17. Kocher MS, Smith JT, Iversen MD, et al. Reliability, validity, and responsiveness of a modified International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (Pedi-IKDC) in children with knee disorders. *Am J Sports Med*. 2011;39(5):933–939. DOI: 10.1177/0363546510383002
18. Brittberg M, Winalski CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. *JBJS*. 2003;85-A(Suppl 2):58–69. DOI: 10.2106/00004623-200300002-00008
19. Hevesi M, Sanders TL, Pareek A, et al. Osteochondritis dissecans in the knee of skeletally immature patients: rates of persistent pain, osteoarthritis, and arthroplasty at mean 14-years’ follow-up. *Cartilage*. 2020;11(3):291–299. DOI: 10.1177/1947603518786545
20. Gunton MJ, Carey JL, Shaw CR, et al. Drilling juvenile osteochondritis dissecans: retro-or transarticular? *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(4):1144–1151. DOI: 10.1007/s11999-011-2237-8
21. Leland DP, Dernard CD, Camp CL, et al. Does internal fixation for unstable osteochondritis dissecans of the skeletally mature knee work? A systematic review. *Arthroscopy*. 2019;35(8):2512–2522. DOI: 10.1016/j.arthro.2019.03.020
22. Berlet GC, Mascia A, Miniaci A. Treatment of unstable osteochondritis dissecans lesions of the knee using autogenous osteochondral grafts (mosaicplasty). *Arthroscopy*. 1999;15(3):312–316. DOI: 10.1016/s0749-8063(99)70041-1
23. Zamborsky R, Danisovic L. Surgical techniques for knee cartilage repair: an updated large-scale systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Arthroscopy*. 2020;36(3):845–858. DOI: 10.1016/j.arthro.2019.11.096
24. Kijowski R, Blankenbaker DG, Shinki K, et al. Juvenile versus adult osteochondritis dissecans of the knee: appropriate MR imaging criteria for instability. *Radiology*. 2008;248(2):571–578. DOI: 10.1148/radiol.2482071234
25. Davidson K, Grimm NL, Christino MA, et al. Retroarticular drilling with supplemental bone marrow aspirate concentrate for the treatment of osteochondritis dissecans of the knee. *Orthop J Sports Med*. 2018;6(7 Suppl 4):2325967118S0013. DOI: 10.1177/2325967118S00131

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ellermann J., Johnson C.P., Wang L. et al. Insights into the epiphyseal cartilage origin and subsequent osseous manifestation of juvenile osteochondritis dissecans with a modified clinical MR imaging protocol: a pilot study // *Radiology*. 2017. Vol. 282. No. 3. P. 798–806. DOI: 10.1148/radiol.2016160071
2. Uppstrom T.J., Gausden E.B., Green D.W. Classification and assessment of juvenile osteochondritis dissecans knee lesions // *Curr. Opin. Pediatr*. 2016. Vol. 28. No. 1. P. 60–67. DOI: 10.1097/MOP.0000000000000308
3. Parikh S.N., Allen M., Wall E.J. et al. The reliability to determine “healing” in osteochondritis dissecans from radiographic assessment // *J. Pediatr. Orthop*. 2012. Vol. 32. No. 6. P. e35–e39.
4. Masquijo J., Kothari A. Juvenile osteochondritis dissecans (JOCD) of the knee: current concepts review // *EFORT Open Rev*. 2019. Vol. 4. No. 5. P. 201–212. DOI: 10.1302/2058-5241.4.180079
5. Eismann E.A., Pettit R.J., Myer G.D. Management strategies for osteochondritis dissecans of the knee in the skeletally immature

athlete // *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2014. Vol. 44. No. 9. P. 665–679. DOI: 10.2519/jospt.2014.5140

6. Wall E.J., Milewski M.D., Carey J.L. et al. The reliability of assessing radiographic healing of osteochondritis dissecans of the knee // *Am. J. Sports Med.* 2017. Vol. 45. No. 6. P. 1370–1375. DOI: 10.1177/0363546517698933

7. Krause M., Harpfelmeier A., Moller M. et al. Healing predictors of stable juvenile osteochondritis dissecans knee lesions after 6 and 12 months of nonoperative treatment // *Am. J. Sports Med.* 2013. Vol. 41. No. 10. P. 2384–2391. DOI: 10.1177/0363546513496049

8. Ramski D.E., Ganley T.J., Carey J.L. A radiographic healing classification for osteochondritis dissecans of the knee provides good interobserver reliability // *Orthop. J. Sports Med.* 2017. Vol. 5. No. 12. P. 2325967117740846. DOI: 10.1177/2325967117740846

9. Wall E.J., Polousky J.D., Shea K.G. et al. Novel radiographic feature classification of knee osteochondritis dissecans: a multicenter reliability study // *Am. J. Sports Med.* 2015. Vol. 43. No. 2. P. 303–309. DOI: 10.1177/0363546514566600

10. Nguyen J.C., Liu F., Blankenbaker D.G. et al. Juvenile osteochondritis dissecans: cartilage T2 mapping of stable medial femoral condyle lesions // *Radiology.* 2018. Vol. 288. No. 2. P. 536–543. DOI: 10.1148/radiol.2018171995

11. Брянская А.И., Баиндурашвили А.Г., Архипова А.А. и др. Артроскопическое лечение заболеваний коленного сустава у детей // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2014. Т. 2. № 3. С. 18–23. DOI: 10.17816/PTORS2318-23

12. Кожевников А.Н., Поздеева Н.А., Конев М.А. и др. Ювенильный артрит: клинико-инструментальная картина и дифференциальная диагностика // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2014. Т. 2. № 4. С. 66–73.

13. Walter S.D., Eliasziw M., Donner A. Sample size and optimal designs for reliability studies // *Stat. Med.* 1998. Vol. 17. No. 1. P. 101–110. DOI: 10.1002/(sici)1097-0258(19980115)17:1<101::aid-sim727>3.0.co;2-e

14. Bonett D.G. Sample size requirements for estimating intraclass correlations with desired precision // *Stat. Med.* 2002. Vol. 21. No. 9. P. 1331–1335. DOI: 10.1002/sim.1108

15. Kleemann R.U., Krockner D., Cedraró A. et al. Altered cartilage mechanics and histology in knee osteoarthritis: relation to clinical

assessment (ICRS Grade) // *Osteoarthritis Cartilage.* 2005. Vol. 13. No. 11. P. 958–963. DOI: 10.1016/j.joca.2005.06.008

16. Landis J.R., Koch G.G. The measurement of observer agreement for categorical data // *Biometrics.* 1977. Vol. 33. No. 1. P. 159–174.

17. Kocher M.S., Smith J.T., Iversen M.D. et al. Reliability, validity, and responsiveness of a modified International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (Pedi-IKDC) in children with knee disorders // *Am. J. Sports Med.* 2011. Vol. 39. No. 5. P. 933–939. DOI: 10.1177/0363546510383002

18. Brittberg M., Winalski C.S. Evaluation of cartilage injuries and repair // *JBJS.* 2003. Vol. 85-A. Suppl. 2. P. 58–69. DOI: 10.2106/00004623-200300002-00008

19. Hevesi M., Sanders T.L., Pareek A. et al. Osteochondritis dissecans in the knee of skeletally immature patients: rates of persistent pain, osteoarthritis, and arthroplasty at mean 14-years' follow-up // *Cartilage.* 2020. Vol. 11. No. 3. P. 291–299. DOI: 10.1177/1947603518786545

20. Gunton M.J., Carey J.L., Shaw C.R. et al. Drilling juvenile osteochondritis dissecans: retro- or transarticular? // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2013. Vol. 471. No. 4. P. 1144–1151. DOI: 10.1007/s11999-011-2237-8

21. Leland D.P., Darnard C.D., Camp C.L. et al. Does internal fixation for unstable osteochondritis dissecans of the skeletally mature knee work? A systematic review // *Arthroscopy.* 2019. Vol. 35. No. 8. P. 2512–2522. DOI: 10.1016/j.arthro.2019.03.020

22. Berlet G.C., Mascia A., Miniaci A. Treatment of unstable osteochondritis dissecans lesions of the knee using autogenous osteochondral grafts (mosaicplasty) // *Arthroscopy.* 1999. Vol. 15. No. 3. P. 312–316. DOI: 10.1016/s0749-8063(99)70041-1

23. Zamborsky R., Danisovic L. Surgical techniques for knee cartilage repair: an updated large-scale systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials // *Arthroscopy.* 2020. Vol. 36. No. 3. P. 845–858. DOI: 10.1016/j.arthro.2019.11.096

24. Kijowski R., Blankenbaker D.G., Shinki K. et al. Juvenile versus adult osteochondritis dissecans of the knee: appropriate MR imaging criteria for instability // *Radiology.* 2008. Vol. 248. No. 2. P. 571–578. DOI: 10.1148/radiol.2482071234

25. Davidson K., Grimm N.L., Christino M.A. et al. Retroarticular drilling with supplemental bone marrow aspirate concentrate for the treatment of osteochondritis dissecans of the knee // *Orthop. J. Sports Med.* 2018. Vol. 6. Suppl. 4 No. 7. P. 2325967118S0013. DOI: 10.1177/2325967118S00131

## AUTHOR INFORMATION

\* **Andrey V. Semenov**, MD, PhD student,  
address: 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6858-4127>;  
e-mail: [dru4elos@gmail.com](mailto:dru4elos@gmail.com)

**Mikhail S. Zubtsov**, MD, resident;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6845-5253>;  
e-mail: [zumi19979@yandex.ru](mailto:zumi19979@yandex.ru)

**Yuriy G. Lipkin**, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3306-0523>;  
elibrary SPIN: 6396-4125;  
e-mail: [lyg@mail.ru](mailto:lyg@mail.ru)

## ОБ АВТОРАХ

\* **Андрей Всеволодович Семенов**, аспирант;  
адрес: Россия, 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6858-4127>;  
e-mail: [dru4elos@gmail.com](mailto:dru4elos@gmail.com)

**Михаил Сергеевич Зубцов**, ординатор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6845-5253>;  
e-mail: [zumi19979@yandex.ru](mailto:zumi19979@yandex.ru)

**Юрий Германович Липкин**, канд. мед. наук;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3306-0523>;  
elibrary SPIN: 6396-4125;  
e-mail: [lyg@mail.ru](mailto:lyg@mail.ru)

\* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

## AUTHOR INFORMATION

**Grigoriy S. Dibrivnyy**, MD, Radiologist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6263-5488>;  
e-mail: [dibrivniy11091976199@mail.ru](mailto:dibrivniy11091976199@mail.ru)

**Ivan N. Isaev**, MD, Orthopedic and trauma surgeon;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7899-5800>;  
e-mail: [i.n.isaev@gmail.com](mailto:i.n.isaev@gmail.com)

**Vladimir V. Koroteev**, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4502-1465>;  
e-mail: [9263889457@mail.ru](mailto:9263889457@mail.ru)

**Nikolay I. Tarasov**, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9303-2372>;  
e-mail: [tarasov\\_doctor@mail.ru](mailto:tarasov_doctor@mail.ru)

**Yulia I. Lozovaya**, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3899-1420>;  
e-mail: [u.lozovaya@gmail.com](mailto:u.lozovaya@gmail.com)

**Dmitriy Yu. Vybornov**, MD, PhD, Dr. Sci. (Med.);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8785-7725>;  
e-mail: [dgkb13@gmail.com](mailto:dgkb13@gmail.com)

## ОБ АВТОРАХ

**Григорий Степанович Дибривный**, врач-рентгенолог;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6263-5488>;  
e-mail: [dibrivniy11091976199@mail.ru](mailto:dibrivniy11091976199@mail.ru)

**Иван Николаевич Исаев**, врач — травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7899-5800>;  
e-mail: [i.n.isaev@gmail.com](mailto:i.n.isaev@gmail.com)

**Владимир Викторович Коротеев**, канд. мед. наук;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4502-1465>;  
e-mail: [9263889457@mail.ru](mailto:9263889457@mail.ru)

**Николай Иванович Тарасов**, канд. мед. наук;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9303-2372>;  
e-mail: [tarasov\\_doctor@mail.ru](mailto:tarasov_doctor@mail.ru)

**Юлия Ивановна Лозовая**, канд. мед. наук;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3899-1420>;  
e-mail: [u.lozovaya@gmail.com](mailto:u.lozovaya@gmail.com)

**Дмитрий Юрьевич Выборнов**, д-р мед. наук;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8785-7725>;  
e-mail: [dgkb13@gmail.com](mailto:dgkb13@gmail.com)