

Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 1. С. 62-68.

Genij Ortopedii. 2022. Vol. 28, no. 1. P. 62-68.

#### Научная статья

УДК 616.728.3-07:616.758.3-001-039.73-053.2

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-1-62-68>

### Оценка структур коленного сустава пациентов детского возраста с повреждением передней крестообразной связки после консервативного лечения

Ярослав Александрович Иванов<sup>✉</sup>, Александр Геннадьевич Ельцин, Дмитрий Сергеевич Мининков

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова, Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Ярослав Александрович Иванов, [docyaroslav@gmail.com](mailto:docyaroslav@gmail.com)

#### Аннотация

**Обоснование.** Вопрос консервативного лечения пациентов детского возраста с антеромедиальной нестабильностью после разрыва ПКС весьма актуален и вызывает дискуссии в научном сообществе. Весьма неоднозначными являются результаты такого лечения у пациентов как с открытыми зонами роста, так и у взрослых пациентов, достигших костной зрелости. Также вызывает интерес влияние антеромедиальной нестабильности на повреждение таких структур коленного сустава как мениски и суставной хрящ. **Цель.** Оценить результаты консервативного лечения у молодых спортсменов, используя методы клинического осмотра, анкетирования и МРТ-диагностики. **Материалы и методы.** В исследовании принимало участие 20 пациентов с антеромедиальной нестабильностью в возрасте от 13 до 20 лет. Срок наблюдения составил до 2,7 года (33 месяца). Пациенты анкетировались по опросникам KOOS-Child и Pedi-IKDC. Также выполнялось как минимум два МРТ-исследования. Пациентам назначалась консервативная терапия. **Результаты и обсуждение.** По данным МРТ-исследования у 9 (45 %) из 20 пациентов отмечались остеохондральные изменения мыщелков обеих костей. У 14 пациентов отмечено истончение хрящевого покрытия коленного сустава на  $\geq 0,7$  см. Восемнадцать человек имели клинически подтвержденную нестабильность коленного сустава. Восьми (40 %) пациентам впоследствии выполнялось оперативное лечение. **Заключение.** По результатам исследования мы делаем вывод о неудовлетворительных результатах консервативного лечения. Только 2 пациента вернулись к прежним нагрузкам, и клинически нестабильность коленного сустава не отмечалась. В остальных случаях пациенты не удовлетворены результатами лечения. На основании данных МРТ-исследований и данных статистического анализа у пациентов отмечались выраженные признаки нарушения распределения нагрузки в коленном суставе, а также вторичное повреждение мениска вследствие антеромедиальной нестабильности. **Ключевые слова:** дети, коленный сустав, повреждение, вторичные изменения, повреждение менисков, антеромедиальная нестабильность, повреждение ПКС, KOOS-Child, Pedi-IKDC, консервативное лечение, оценка результатов лечения

**Благодарности:** авторы выражают благодарность Сергею Игоревичу Моисееву за большой вклад в анализ данных.

**Для цитирования:** Иванов Я.А., Ельцин А.Г., Мининков Д.С. Оценка структур коленного сустава пациентов детского возраста с повреждением передней крестообразной связки после консервативного лечения // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 1. С. 62-68. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-1-62-68>

#### Original article

### Evaluation of the knee joint structures of pediatric patients with anterior cruciate ligament injury after conservative treatment

Yaroslav A. Ivanov<sup>✉</sup>, Alexander G. Yeltsin, Dmitry S. Mininkov

National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russian Federation

**Corresponding author:** Yaroslav A. Ivanov, [docyaroslav@gmail.com](mailto:docyaroslav@gmail.com)

#### Abstract

**Background** Conservative treatment of pediatric patients with anteromedial instability after ACL rupture is a very topical subject and raises many debates in the scientific community. Results of this treatment are rather controversial both in patients with open physis and in adult patients who reached skeletal maturity. Influence of anteromedial instability on damaging such structures of the knee joint and meniscus and articular cartilage also generates interest. **Purpose** The purpose is to evaluate results of conservative treatment in young athletes using methods of clinical examination, questionnaires and MRI-diagnostics. **Material and methods** The study included 20 patients with anteromedial instability aged 13-20 years. Duration of observation was up to 2.7 years (33 months). The patients filled out KOOS-Child and Pedi-IKDC questionnaires. At least two MRI-examinations were done also. The patients were treated conservatively. Results and discussion MRI data indicated that 9 (45%) patients had osteochondral changes in condyles of the both bones. Thinning of the knee cartilage by  $\geq 0.7$  cm was observed in 14 patients. Eighteen patients has the clinically confirmed knee joint instability. Eight (40%) patients underwent operative treatment later. **Conclusion** Our study results allowed us to make a conclusion about poor results of the conservative treatment. Only 2 patients returned to previous activities and the knee instability was not observed clinically. The rest of the patients were not satisfied with the treatment results. MRI data and statistical analysis data indicated that the patients had signs of significant weight distribution disorders in the knee joint and also secondary damage of meniscus due to anteromedial instability.

**Keywords:** children, knee joint, injury, secondary changes, meniscus damage, anteromedial instability, ACL injury, KOOS-Child; Pedi-IKDC; conservative treatment; evaluation of treatment results

**Acknowledgments:** The authors are grateful to Sergei Igorevich Moiseev for his great contribution to data analysis.

**For citation:** Ivanov Ya.A., Yeltsin A.G., Mininkov D.S. Evaluation of the knee joint structures of pediatric patients with anterior cruciate ligament injury after conservative treatment. *Genij Ortopedii*, 2022, vol. 28, no 1, pp. 62-68. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-1-62-68>

#### ВВЕДЕНИЕ

При антеромедиальной нестабильности коленного сустава, связанной с разрывом ПКС, значительно увеличивается риск развития вторичных повреждений менисков [1-4], дегенеративных изменений [5, 6] и, как следствие, вероятность не вернуться к прежним физическим нагрузкам [7-11], а также снижается качество

жизни [12, 13]. Все вышеперечисленные проблемы являются важными аргументами в пользу оперативного лечения, которое признано стандартом у пациентов взрослой возрастной группы. Однако у пациентов детского возраста в связи с активной зоной роста возникает ряд проблем с выбором в пользу оперативного

лечения [14]. В первую очередь, в связи с риском повреждения зон роста, что может привести к укорочению конечности и деформации коленного сустава [15–17]. Также существует ряд трудностей, связанных с техникой выполнения пластики ПКС у пациентов с активны-

ми темпами роста. Оценка результатов консервативного лечения в форме клинического осмотра, анкетирования, а также при помощи МРТ-исследований структур коленного сустава дает возможность, взглянув на проблему под более широким углом, улучшить ее понимание.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Все пациенты и добровольцы, участвовавшие в клиническом исследовании, дали на это письменное согласие. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). Исследование одобрено этическим комитетом.

Были выделены следующие критерии включения в исследование: разрыв ПКС у пациентов в возрасте от 13 до 20 лет. Пациенты анкетировались опросниками KOOS-Child и Pedi-IKDC. Проводился клинический осмотр (Pivot-shift, Lachman тесты). Также выполнялось как минимум два МРТ-исследования (первые недели после травмы и в различные сроки после первого исследования) на аппарате мощностью не менее 1,5 Тесла. Средний срок между выполнением 1-ой и 2-ой МРТ составил 13 месяцев, минимальный – 2 месяца, максимальный – 33 месяца. У 14 человек МРТ была выполнена на одном и том же аппарате. Режимы исследования: T1, T2, PD, PD SW, T1 FSE. Пациентам также назначалась консервативная терапия в объеме иммобилизации в ортезе в течение 4-х недель, курс НПВП (нестероидные противовоспалительные средства) и последующая реабилитация.

Исследование одноцентровое. В исследование не вошли пациенты, у которых помимо разрыва ПКС на-

блюдались переломы межмыщелкового возвышения и повреждение боковых связок, ЗКС.

Для исследования было отобрано 20 пациентов, которым в период с 2020 по 2021 год проводилось консервативное лечение в связи с разрывом ПКС. Из них 12 мужского и 8 женского пола. Срок наблюдения составил до 2,7 года (33 месяца).

Для выявления взаимосвязей между критериями, определяющими качество результатов лечения пациентов, использовались методы статистического анализа, включающие в себя теорию параметрического и непараметрического корреляционного анализа. Ставилась задача выявления взаимосвязей между показателями, критериями и измерительными инструментами (МРТ), которые используются для оценки качества лечения пациентов. Были решены следующие задачи: обоснован выбор измерительного инструмента для оценки качества лечения; оценена адекватность методов измерения, показателей и критериев, применяющихся для измерения результатов лечения; получены количественные зависимости между критериями оценки качества лечения; определена структура взаимозаменяемости и взаимодополняемости методов обследования пациентов и другие задачи.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

По данным МРТ у 10 (50 %) из 20 пациентов отмечались остеохондральные изменения мыщелков обеих костей, из них у 8 (40 %) человек на наружном мыщелке бедренной кости, у 1-го на обоих мыщелках бедренной кости и у 1-го пациента на латеральных мыщелках большеберцовой и бедренной костей.

В приведенном случае показан пример склеротического поражения костного мозга. Данное «утолщение» костной структуры возникает вследствие неправильно распределенной нагрузки в коленном суставе. Пациент отмечал нестабильность в коленном суставе, что было подтверждено клиническим осмотром и данными МРТ-исследования, диагностирующего разрыв ПКС. На зону склеротического изменения идет постоянная локальная ударная нагрузка, вследствие чего возникает ответная компенсаторная реакция организма в виде утолщения. На рисунке 1 представлены изображения МРТ-исследований с разницей в 2 месяца.

Впоследствии в описываемой зоне возрастает риск возникновения трансхондрального перелома, и возможно образование кисты [18]. На рисунке 2 представлены МРТ-изображения коленного сустава с разницей в 16 месяцев.

Пациента также беспокоила нестабильность в коленном суставе, что было подтверждено клинически. На изображении (В) видно повреждение заднего рога наружного мениска (Stoller IIIb) вследствие возникшей антеромедиальной нестабильности коленного сустава после разрыва ПКС. Также у пациента, как и в первом случае (рис. 1), отмечается склеротическое изменение

костной структуры наружного мыщелка бедренной кости, являющееся подтверждением неправильно распределенной нагрузки в коленном суставе [19].

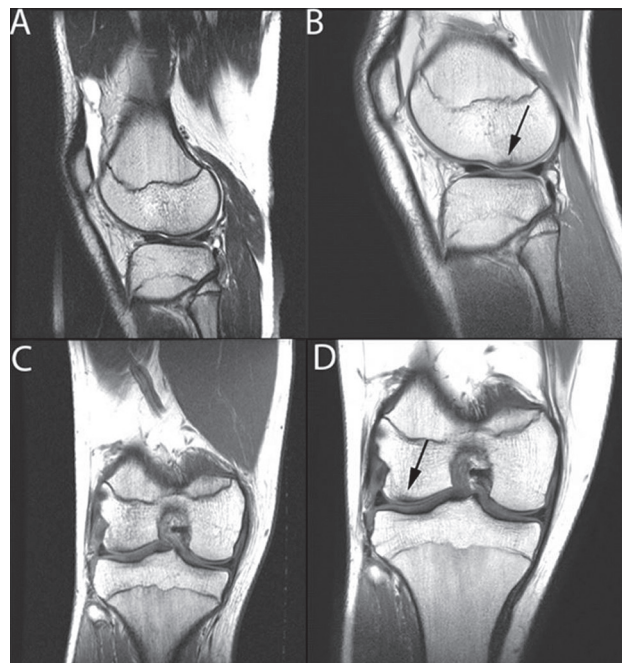


Рис. 1. Наружный отдел коленного сустава пациента в первые недели после травмы (А, С). Через 2 месяца на повторной МРТ (режим PD TSE) в том же отделе отмечается (В, D) уплотнение костной ткани вследствие неправильного распределения нагрузки (черная стрелка)



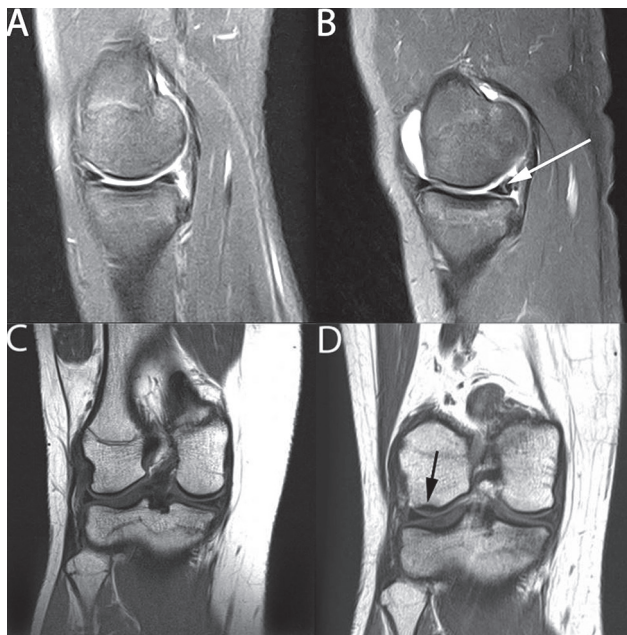


Рис. 2. Наружный отдел коленного сустава в сагиттальной (А) и коронарной проекции (С). Исследование сделано в первую неделю после травмы. Спустя 16 месяцев после первого МРТ-исследования (режим PD TSE FS (А, В) и режим T1 SE (С, D)) отмечается повреждение (белая стрелка) заднего рога наружного мениска (Stoller III) (В), а также уплотнение костной ткани (черная стрелка) вследствие неправильно распределенной нагрузки в коленном суставе из-за антеромиалярной нестабильности

На рисунке 3 представлены МРТ-изображения с разницей в 13 месяцев между исследованиями. Черной стрелкой указана зона начинающейся деструкции костной структуры. Данное нарушение является следствием образовавшегося трансхондрального перелома, подвергшегося литическому воздействию синовиальной жидкости.

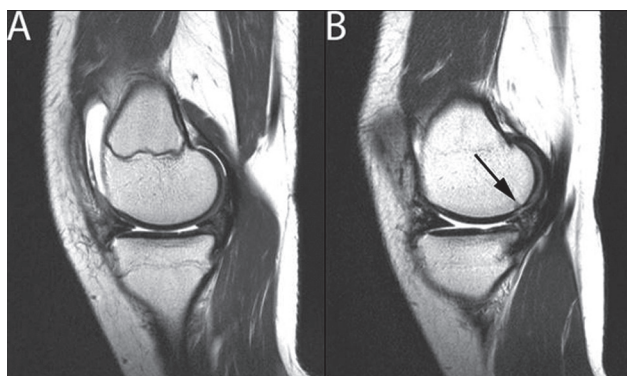


Рис. 3. МРТ-изображение (режим T1 SE) медиального отдела коленного сустава в сагиттальной проекции (А) в первые недели с момента травмы. Тот же отдел коленного сустава через 13 месяцев с момента выполнения первой МРТ (В). На изображении видна начинающаяся деструкция костной ткани в результате возникновения перелома (черная стрелка)

На рисунке 4 представлены данные МРТ-исследования коленного сустава пациента с разрывом ПКС. На изображении (В) видно вторичное повреждение заднего рога наружного мениска (Stoller IIIb) вследствие антеромиалярной нестабильности. В нашем исследовании у 9 (45 %) пациентов обнаружено повреждение мениска: у 5 человек выявлен разрыв внутреннего мениска, а у 4-х человек – наружного.

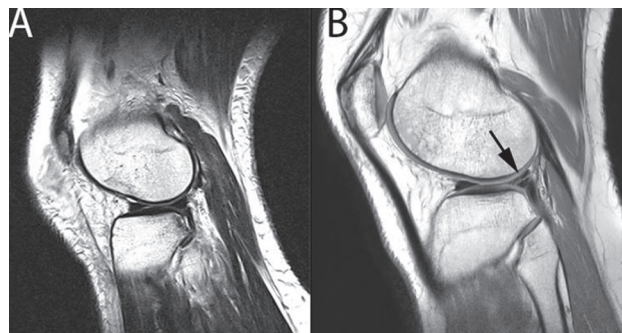


Рис. 4. МРТ (режим T1 SE) коленного сустава в сагиттальной проекции (А) в первые недели после травмы. МРТ (режим T1 SE) спустя 5 месяцев после выполнения первого исследования (В). Визуализируется повреждение заднего рога наружного мениска (черная стрелка)

На рисунке 5 показана схема измерения толщины хряща. Измерение производится в 2-х проекциях: сагиттальной и коронарной. На каждом мыщелке большеберцовой и бедренной костей устанавливается по три точки, в которых измеряется толщина хряща. Всего точек измерения 24, после чего проводится аналогичная процедура на вторых МРТ-снимках пациента, выполненных спустя время. Измерение проводилось с использованием программы RadiAnt в режимах T1, PDW, T2. В настоящий момент наиболее точным методом измерения толщины хряща является картирование. В нашем исследовании измерение при помощи данного метода не проводилось. В связи с высокой вероятностью неточности обычного измерения при помощи инструмента линейки в специализированном программном обеспечении была учтена погрешность, равная 0,7 см. По данным исследования у 4 (20 %) человек отмечается истончение хрящевого покрытия латерального мыщелка бедренной кости  $\geq 0,7$  см, у 2-х (10 %) отмечается истончение как на латеральном, так и медиальном мыщелке бедренной кости  $\geq 0,7$  см, у 3-х (15 %) отмечается истончение хрящевого покрытия только на медиальном мыщелке бедренной кости  $\geq 0,7$  см. На наружном мыщелке большеберцовой кости истончение  $\geq 0,7$  см отмечается у 3 (15 %) человек, на обоих мыщелках  $\geq 0,7$  см отмечается у 6 (30 %) человек.

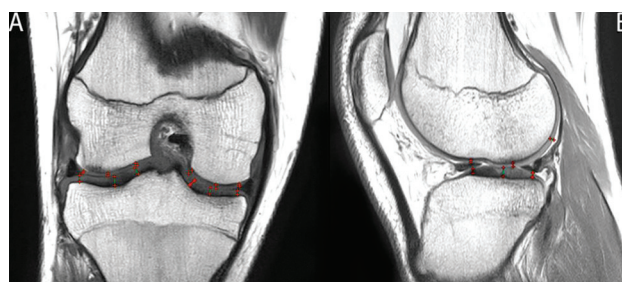


Рис. 5. На МРТ-изображении (режим T1 SE) в коронарной проекции (А) показан метод измерения толщины хряща в трех точках на каждом мыщелке большеберцовой и бедренной костей. В сагиттальной проекции (В) показан пример измерения толщины хряща в трех точках на медиальных мыщелках большеберцовой и бедренной костей

В исследовании применялись опросники KOOS-Child и Pedi-IKDC у пациентов младше 18 лет, а опросники KOOS и IKDC у пациентов более старшего возраста. Пациенты с жалобами на неустойчи-

вость в коленном суставе осматривались клинически. У 18 человек при выполнении тестов ПВЯ, Lachman и pivot-shift отмечалась нестабильность. Помимо указанных жалоб, пациентам пришлось значительно снизить уровень активности либо отказаться от спорта совсем. Только 2 пациента из 20 остались удовлетворены результатами консервативного лечения и вернулись к прежним нагрузкам. Восьми (40 %) пациентам выполнено впоследствии оперативное лечение. В объеме пластики ПКС 6-ти (30 %) и 2-м (10 %) – в объеме резекции поврежденной части мениска.

#### Выявление взаимосвязей между критериями, определяющими качество результатов лечения пациентов. Статистический анализ

В данном разделе ставится задача выявления взаимосвязей между показателями, критериями или измерительными инструментами, которые используются для оценки качества лечения пациентов с антеромедиальной нестабильностью. Определение таких связей позволит решить несколько задач: обосновать выбор «измерительного инструмента» для оценки качества лечения; судить об адекватности методов измерения, показателей и критериев; получить количественные зависимости между критериями оценки качества лечения; определить структуру взаимозаменяемости и взаимодополняемости методов обследования пациентов.

Критерии оценки представлены в таблице 1. Там же указано их условное обозначение, которое будет использоваться далее, а также шкалы оценки по критериям.

На первом этапе для выбора модели оценивания взаимосвязей между критериями необходимо определиться с методами вычисления корреляции между ними. Для этого необходимо статистически определить возможный закон распределения измерений по каждому критерию. Проверка закона распределения измерений для всех критериев, проводимая на основании критерия согласия Пирсона [20–23], показала, что оценки по количественным критериям распределены

по закону, близкому к нормальному, на уровне значимости, не превышающем 0,05. В то же время, оценка результатов измерений по дихотомическим критериям показала отличие распределения от нормального.

На основании этого было принято решение брать за основу непараметрические методы корреляционного анализа (ранговый коэффициент корреляции Спирмена), которые не зависят от закона распределения оцениваемых параметров, но для уточнения результатов для количественных критериев сравнить их с расчетами по параметрическим методам, построенным для нормального закона распределения.

Проведя расчеты при объеме выборки  $N = 20$ , можно рассчитать граничные коэффициенты корреляции для каждой градации связей.

- значение корреляции  $|r_{mn}|$  от 0,378 до 0,515 – связь умеренная;
- значение корреляции  $|r_{mn}|$  от 0,515 до 0,609 – связь сильная;
- значение корреляции  $|r_{mn}|$  от 0,609 до 1 – связь очень сильная.

На рисунке 6 схематично показаны связи между критериями. Исчезновение связей на диаграмме (В) говорит о том, что более мощный критерий Пирсона не выявил значимой корреляции между указанными критериями, поэтому данные связи, возможно, существуют, но к их учету нужно относиться с осторожностью. С другой стороны, корреляция Пирсона выявила дополнительные зависимости, которые не определил ранговый критерий Спирмена, а именно, возникли новые связи между критериями K4-K11, K6-K12, K13-K14. С учетом того, что связи K4-K11 и K13-K14 показывают взаимосвязи между числовыми критериями, которые с большой вероятностью распределены по нормальному закону, есть основания считать, что более мощный метод оценки корреляции Пирсона выявил дополнительную связь между указанными критериями, что следует учесть при анализе взаимосвязей.

Таблица 1

Данные критериев

| Обозначение | Описание                                                          | Шкала измерений |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|
| K1          | Толщина хряща наружного мыщелка бедренной кости (мм)              | Числовая        |
| K2          | Толщина хряща внутреннего мыщелка бедренной кости (мм)            | Числовая        |
| K3          | Толщина хряща наружного мыщелка большеберцовой кости (мм)         | Числовая        |
| K4          | Толщина хряща внутреннего мыщелка большеберцовой кости (мм)       | Числовая        |
| K5          | Латеральный мениск                                                | Дихотомическая  |
| K6          | Медиальный мениск                                                 | Дихотомическая  |
| K7          | Остеохондральные изменения: наружный мыщелок бедренной кости      | Дихотомическая  |
| K8          | Остеохондральные изменения: внутренний мыщелок бедренной кости    | Дихотомическая  |
| K9          | Остеохондральные изменения: наружный мыщелок большеберцовой кости | Дихотомическая  |
| K10         | Выполнение MPT на одном и том же аппарате                         | Дихотомическая  |
| K11         | Кол-во мес. между MPT-исследованиями                              | Числовая        |
| K12         | Возраст пациента                                                  | Числовая        |
| K13         | KOOS-Child Pain                                                   | Числовая        |
| K14         | KOOS-Child Symptom                                                | Числовая        |
| K15         | KOOS-Child ADL                                                    | Числовая        |
| K16         | KOOS-Child Sport/Rec                                              | Числовая        |
| K17         | KOOS-Child QOL                                                    | Числовая        |
| K18         | Pedi-IKDC                                                         | Числовая        |
| K19         | Клинические тесты на нестабильность коленного сустава             | Дихотомическая  |

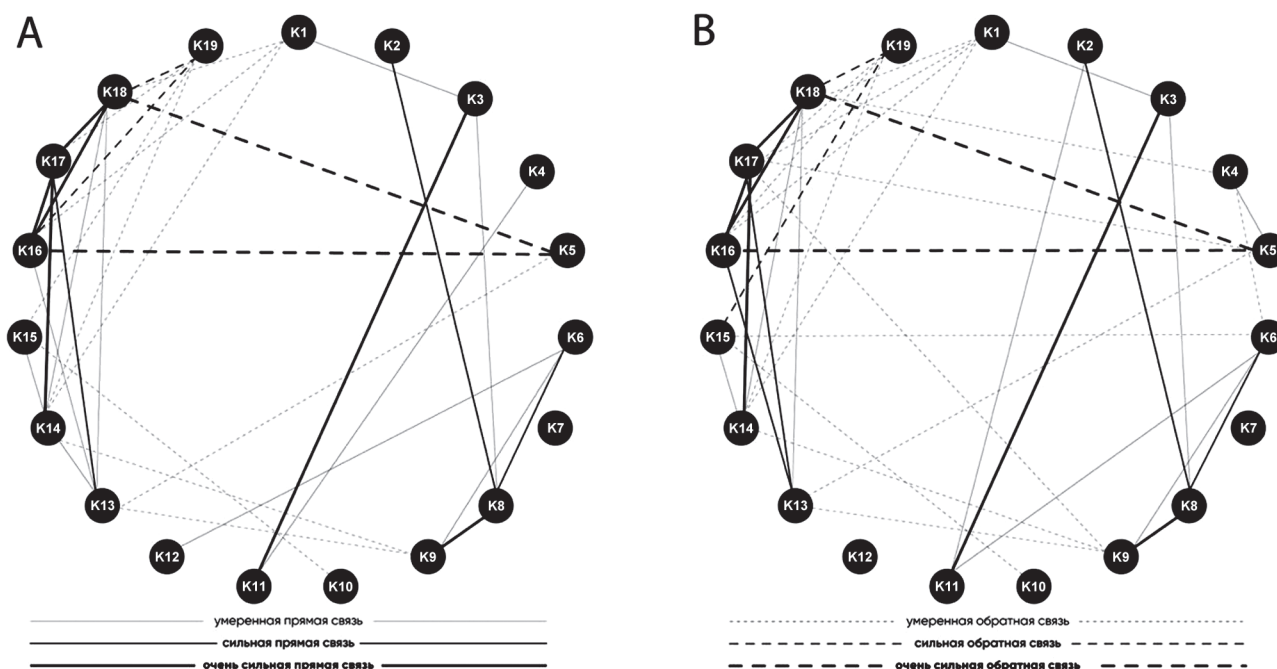


Рис. 6. Граф связей между критериями на основании ранговой корреляции Спирмена (А). Граф связей между критериями на основании параметрической корреляции Пирсона (В)

В результате проведенного статистического анализа выявлены следующие связи:

- **очень сильные прямые связи** найдены между толщиной хрящевого покрытия медиального мыщелка большеберцовой кости и количеством месяцев между выполнением МРТ; остеохондральными изменениями внутреннего мыщелка бедренной кости и наружного мыщелка большеберцовой кости; результатами опросников KOOS-Child и Pedi-IKDC;
- **сильные прямые связи** найдены между толщи-

ной хряща медиального мыщелка бедренной кости и остеохондральными изменениями того же мыщелка; медиальным мениском и остеохондральными изменениями внутреннего мыщелка бедренной кости;

- **очень сильная обратная связь** найдена между результатами тестов KOOS-Child, Pedi-IKDC и латеральным мениском;

- **сильная обратная связь** найдена между результатами тестов KOOS-Child, Pedi-IKDC и результатами клинического осмотра.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка результатов консервативного лечения пациентов детского возраста с открытыми зонами роста имеет важное значение. Также вызывает интерес влияние антеромедиальной нестабильности на структуры коленного сустава. Похожие исследования проводились и за рубежом. Ekås G.R. et al. [24] исследовали структуру коленного сустава на наличие патологий, связанных с антротомедальной нестабильностью после разрыва ПКС. В исследовании принимало участие 47 пациентов со сроком наблюдения 9,5 лет. Возраст пациентов до 13 лет. Исследование включало в себя выполнение МРТ обоих коленных суставов на аппарате мощностью 3 Тесла через 1,2 и 9,5 лет с момента травмы. Консервативное лечение назначалось 43-м пациентам, 4-м проводилось оперативное лечение. По результатам исследования 16 пациентов имели повреждения менисков, 13 пациентов имели повреждения суставного хряща, 2 пациента имели разницу в длине конечностей > 15 мм. По итогу, 27-ми пациентам (57 %) впоследствии выполнялась пластика ПКС. В заключении авторы делают вывод о том, что в некоторых случаях консервативное лечение (57 % пациентов без вторичных изменений в коленном суставе и без признаков начального остеоартроза) может являться вариантом выбора.

Fabricant P.D. et al. [25] проводили обзор литературы с целью сравнения результатов консервативного и оперативного лечения у спортсменов моложе 18 лет. В своем обзоре Mizuta H. et al. представили исследование [26], где 94 % из 18 человек не вернулись к прежним физическим нагрузкам, а 22 % вовсе перестали заниматься спортом после травмы ПКС. Похожие результаты отмечаются и в исследовании McCarroll [27].

В нашем исследовании проводилась оценка изменений остеохондральных структур вследствие антротомедальной нестабильности и неправильного распределения нагрузки в коленном суставе: склеротическое поражение костного мозга, начинающаяся деструкция костной структуры и признаки трансхондрального перелома. Помимо этого выявлены случаи повреждения менисков. Также проводились измерения толщины хряща, истончение которого может указывать на формирование деформирующего артроза в будущем. В нашем исследовании была взята высокая погрешность измерения толщины хряща ( $\geq 0,7$  см), так как слабой стороной в отношении измерения является отсутствие выполнения картирования у пациентов. Помимо этого, даже при условии выполнения исследования на одном аппарате, срезы выставляются лучевым диагностом в



момент исследования, что также может приводить к неточностям при измерении толщины хрящевого покрытия. В связи с этим, в нашем исследовании следует считать более весомым критерием оценки остеохондральные изменения вследствие антеромедиальной нестабильности в силу их объективности. Также важно учитывать вторичное повреждение мениска вследствие вышеупомянутой причины.

Помимо использования данных МРТ-диагностики пациенты анкетировались, и проводился клинический осмотр. Жалобы на нестабильность, клинически подтвержденные положительные тесты Lachman и ПВЯ, а также низкие баллы опросников KOOS-Child и Pedi-IKDC имеют решающее значение в оценке отдаленных результатов лечения, а также выбора в пользу оперативной стабилизации коленного сустава.

Похожие результаты отмечаются и в других исследованиях. Mizuta H. et al. [26] оценивали результаты консервативного лечения у детей с полным разрывом ПКС. В исследовании принимало участие 18 человек со сроком наблюдения не менее 36 месяцев. Все пациенты анкетировались по шкале Lysholm, где только у одного пациента, который смог вернуться к прежним

физическим нагрузкам, результат оценивался как хороший. Повторное повреждение менисков отмечалось у 6 пациентов. Радиологические доказательства дегенеративных изменений в суставе отмечались у 11-ти пациентов. В заключении автор делает вывод о том, что результаты консервативного лечения являются неудовлетворительными.

Moksnes H. et al. [28] проводили исследование результатов консервативного лечения пациентов младше 12 лет. В качестве метода консервативного лечения авторы использовали свой алгоритм. По результатам исследования из 46 человек 34 не были прооперированы, а 38 % снизили свой уровень активности. Срок наблюдения составил 2 года. Вторичные повреждения мениска наблюдались у 8 человек (17 %).

Также вызывает интерес работа Raad M. et al. [29]. Авторы отметили положительную связь между индексом массы тела (ИМТ) и вторичным повреждением мениска у пациентов детского возраста. Из 160 пациентов 143 были прооперированы впоследствии, а 17 велись консервативно. Возможно, данный показатель может учитываться в будущих отечественных работах на данную тему.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования мы делаем вывод о неудовлетворительных результатах консервативного лечения у молодых спортсменов. Только 2 пациента вернулись к прежним физическим нагрузкам, и при осмотре у них отсутствовали признаки нестабильности. В остальных случаях пациенты были не удовлетворены результатами лечения. На основании данных МРТ-исследований и данных статистического анализа у пациентов отмечаются выраженные признаки нарушения распределения нагрузки в коленном суставе, а также вторичное повреждение мениска вследствие антеромедиальной нестабильности коленного сустава. Также найдена связь между данными клинического осмотра и баллами опросников

KOOS-Child и Pedi-IKDC, что свидетельствует об их информативности. Мы рекомендуем при оценке результатов лечения использовать не только данные клинического осмотра, но и проводить анкетирование, а также выполнять МРТ-исследования с целью поиска признаков, указывающих на проявление неблагополучия в коленном суставе, что даст наиболее полное представление о его состоянии. Однако наше исследование не лишено недостатков, которые могут быть учтены в будущих работах: участие в исследовании большего количества пациентов; использование метода картирования суставного хряща с целью получения более точных данных и уменьшения погрешности измерения.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Meniscal tears associated with anterior cruciate ligament injury / T. Hagino, S. Ochiai, S. Senga, T. Yamashita, M. Wako, T. Ando, H. Haro // Arch. Orthop. Trauma Surg. 2015. Vol. 135, No 12. P. 1701-1706. DOI: 10.1007/s00402-015-2309-4.
2. Secondary meniscal tears in patients with anterior cruciate ligament injury: relationship among operative management, osteoarthritis, and arthroplasty at 18-year mean follow-up / M.H. Hagmeijer, M. Hevesi, V.S. Desai, T.L. Sanders, C.L. Camp, T.E. Hewett, M.J. Stuart, D.B.F. Saris, A.J. Krych // Am. J. Sports. Med. 2019. Vol. 47, No 7. P. 1583-1590. DOI: 10.1177/0363546519844481.
3. Meniscal tears in the ACL-deficient knee: correlation between meniscal tears and the timing of ACL reconstruction / S.G. Papastergiou, N.E. Koukoulis, P. Mikalef, E. Ziogas, H. Voulgaropoulos // Knee Surg. Sports. Traumatol. Arthrosc. 2007. Vol. 15, No 12. P. 1438-1444. DOI: 10.1007/s00167-007-0414-9.
4. Long-term follow-up of isolated ACL tears treated without ligament reconstruction / T.L. Sanders, A. Pareek, H.M. Kremers, A.J. Bryan, B.A. Levy, M.J. Stuart, D.L. Dahm, A.J. Krych // Knee Surg. Sports. Traumatol. Arthrosc. 2017. Vol. 25, No 2. P. 493-500. DOI: 10.1007/s00167-016-4172-4.
5. Das zeitabhängige Arthrosiserisiko nach vorderer Kreuzbandverletzung. Ergebnisse einer systematischen Literaturrecherche / G. Spahn, M. Schiltenswolf, B. Hartmann, J. Grifka, G.O. Hofmann, H.T. Klemm // Orthopäde. 2016. Vol. 45, No 1. P. 81-90. DOI: 10.1007/s00132-015-3170-4.
6. Post-traumatic osteoarthritis following ACL injury / L.J. Wang, N. Zeng, Z.P. Yan, J.T. Li, G.X. Ni // Arthritis Res. Ther. 2020. Vol. 22, No 1. P. 57. DOI: 10.1186/s13075-020-02156-5.
7. Fomin S., Gauffin H., Kvist J. Short-term recovery of physical activity and knee function after an acute knee injury // BMJ Open. Sport. Exerc. Med. 2020. Vol. 6, No 1. P. e000950. DOI: 10.1136/bmjsem-2020-000950.
8. Return to sport and re-tears after anterior cruciate ligament reconstruction in children and adolescents / L. Geffroy, N. Lefevre, C. Thevenin-Lemoine, A. Peyronnet, W. Lakhal, J.M. Fayard, F. Chotel; French Arthroscopy Society // Orthop. Traumatol. Surg. Res. 2018. Vol. 104, No 8S. P. S183-S188. DOI: 10.1016/j.otsr.2018.09.006.
9. ACL tears in school-aged children and adolescents over 20 years / N.A. Beck, J.T.R. Lawrence, J.D. Nordin, T.A. DeFor, M. Tompkins // Pediatrics. 2017. Vol. 139, No 3. P. e20161877. DOI: 10.1542/peds.2016-1877.
10. Over 90 % of children and adolescents return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis / J. Kay, M. Memon, R.G. Marx, D. Peterson, N. Simunovic, O.R. Ayeni // Knee Surg. Sports. Traumatol. Arthrosc. 2018. Vol. 26, No 4. P. 1019-1036. DOI: 10.1007/s00167-018-4830-9.
11. Return to sport after pediatric anterior cruciate ligament reconstruction and its effect on subsequent anterior cruciate ligament injury / T.J. Dekker, J.A. Godin, K.M. Dale, W.E. Garrett, D.C. Taylor, J.C. Riboh // J. Bone Joint. Surg. Am. 2017. Vol. 99, No 11. P. 897-904. DOI: 10.2106/JBJS.16.00758.

12. Filbay S.R. Early ACL reconstruction is required to prevent additional knee injury: a misconception not supported by high-quality evidence // Br. J. Sports Med. 2019. Vol. 53, No 8. P. 459-461. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099842.
13. Клиническая эффективность анатомической пластики передней крестообразной связки коленного сустава / В.В. Заяц, А.К. Дулаев, А.В. Дыдыкин, И.Н. Ульященко // Гений ортопедии. 2021. Т. 27, № 1. С. 48-54. DOI: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-48-54.
14. Садыков Р.Ш., Богатов В.Б., Понамарев И.П. Пластика передней крестообразной связки коленного сустава у детей с открытыми зонами роста // Классика и инновации в травматологии и ортопедии: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию профессора А.П. Барабаша. Саратов: Амирит, 2016. С. 301-302. DOI: 10.17816/PTORS4326-31.
15. Anatomical and technical considerations for pediatric ACL reconstruction / R. Seil, F. Weitz, J. Menetrey, F. Chotel // Controversies in the technical aspects of ACL reconstruction. Ed. by N. Nakamura, S. Zaffagnini, R. Marx, V. Musahl. Berlin; Heidelberg: Springer, 2017. Ch. 48. P. 61-71. DOI: 10.1007/978-3-662-52742-9\_8.
16. Growth disturbances without growth arrest after ACL reconstruction in children / F. Chotel, J. Henry, R. Seil, J. Chouteau, B. Moyen, J. Bérard // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2010. Vol. 18, No 11. P. 1496-1500. DOI: 10.1007/s00167-010-1069-5.
17. Lawrence J.T., West R.L., Garrett W.E. Growth disturbance following ACL reconstruction with use of an epiphyseal femoral tunnel: a case report // J. Bone Joint. Surg. Am. 2011. Vol. 93, No 8. P. e39. DOI: 10.2106/JBJS.J.00569.
18. Meniscal pathology on MRI increases the risk for both incident and enlarging subchondral bone marrow lesions of the knee: the MOST Study / M. Englund, A. Guermazi, F.W. Roemer, M. Yang, Y. Zhang, M.C. Nevitt, J.A. Lynch, C.E. Lewis, J. Torner, D.T. Felson // Ann. Rheum. Dis. 2010. Vol. 69, No 10. P. 1796-1802. DOI: 10.1136/ard.2009.121681.
19. MRI-detected subchondral bone marrow signal alterations of the knee joint: terminology, imaging appearance, relevance and radiological differential diagnosis / F.W. Roemer, R. Frobell, D.J. Hunter, M.D. Crema, W. Fischer, K. Bohndorf, A. Guermazi // Osteoarthritis Cartilage. 2009. Vol. 17, No 9. P. 1115-1131. DOI: 10.1016/j.joca.2009.03.012.
20. Боровков А.А. Математическая статистика: учебник. СПб.: Лань, 2010. 704 с.
21. Геворкян П.С., Потемкин А.В., Эйсымонт И.М. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Физматлит, 2016. 176 с.
22. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для прикладного бакалавриата. Люберцы: Юрайт, 2016. 479 с.
23. Справочник по прикладной статистике : в 2 т. / ред.: Э. Ллойд, У. Ледерман. М.: Финансы и статистика, 1990.
24. Knee pathology in young adults after pediatric anterior cruciate ligament injury: a prospective case series of 47 patients with a mean 9.5-year follow-up / G.R. Ekås, M.M. Laane, A. Larmo, H. Moksnes, L. Engebretsen, M.A. Risberg // Am. J. Sports Med. 2019. Vol. 47, No 7. P. 1557-1566. DOI: 10.1177/0363546519837935.
25. ACL reconstruction in youth athletes results in an improved rate of return to athletic activity when compared with non-operative treatment: a systematic review of the literature / P.D. Fabricant, N. Lakomkin, A.I. Cruz, E. Spitzer, R.G. Marx // Journal of JISAKOS Joint Disorders & Orthopaedic Sports Medicine. 2016. Vol. 1, P. 62-69. DOI: 10.1136/jisakos-2015-000013.
26. The conservative treatment of complete tears of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients / H. Mizuta, K. Kubota, M. Shiraishi, Y. Otsuka, N. Nagamoto, K. Takagi // J. Bone Joint. Surg. Br. 1995. Vol. 77, No 6. P. 890-894. DOI: 10.1302/0301-620X.77B6.7593101.
27. McCarroll J.R., Rettig A.C., Shelbourne K.D. Anterior cruciate ligament injuries in the young athlete with open physes // Am. J. Sports Med. 1988. Vol. 16, No 1. P. 44-47. DOI: 10.1177/036354658801600107.
28. Functional outcomes following a non-operative treatment algorithm for anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature children 12 years and younger. A prospective cohort with 2 years follow-up / H. Moksnes, L. Engebretsen, I. Eitzen, M.A. Risberg // Br. J. Sports Med. 2013. Vol. 47, No 8. P. 488-494. DOI: 10.1136/bjsports-2012-092066.
29. Delayed reconstruction and high BMI z score increase the risk of meniscal tear in paediatric and adolescent anterior cruciate ligament injury / M. Raad, C. Thevenin Lemoine, E. Bérard, P. Laumonerie, J. Sales de Gauzy, F. Accadbled // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2019. Vol. 27, No 3. P. 905-911. DOI: 10.1007/s00167-018-5201-2.

Статья поступила в редакцию 19.04.2021; одобрена после рецензирования 20.05.2021; принята к публикации 23.12.2021.

The article was submitted 19.04.2021; approved after reviewing 20.05.2021; accepted for publication 23.12.2021.

#### Информация об авторах

1. Ярослав Александрович Иванов – ORCID: 0000-0002-6352-2784, docyaroslav@gmail.com;
2. Александр Геннадьевич Ельцин – кандидат медицинских наук, ORCID: 0000-0002-7736-9493, agyeltsin@gmail.com;
3. Дмитрий Сергеевич Мининков – кандидат медицинских наук, ORCID: 0000-0002-9490-6932, 45040311@mail.ru.

#### Information about the authors:

1. Yaroslav A. Ivanov – ORCID: 0000-0002-6352-2784, docyaroslav@gmail.com;
2. Alexander G. Yeltsin – Candidate of Medical Sciences, ORCID: 0000-0002-7736-9493, agyeltsin@gmail.com;
3. Dmitrii S. Mininkov – Candidate of Medical Sciences, ORCID: 0000-0002-9490-6932, 45040311@mail.ru.

**Источник финансирования.** Финансирование работы не проводилось.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Все пациенты и их законные представители дали согласие на участие в исследовании.