

ТРАВМАТОЛОГИЯ TRAUMATOLOGY

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ СУБХОНДРАЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМОВ, СВЯЗАННЫХ С НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ КОСТНОЙ ТКАНИ МЫШЦЕЛКОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Иванков А.П.^{1,2},
Селивёрстов П.В.¹

¹ ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, Россия)

² ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 1» (664046, г. Иркутск, ул. Байкальская, 118, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Иванков Александр Петрович,
e-mail: ivankovap16@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Стрессовые переломы являются актуальной проблемой современной медицины. Перелом, связанный с недостаточностью костной ткани мышечелков коленного сустава, – это особый тип стрессового перелома, возникающий у лиц 50–55 лет в ответ на нормальную повседневную нагрузку, но с повреждением ослабленной в силу разных причин субхондральной костной ткани сустава. Настоящий обзор литературы в основном основан на данных из иностранных медицинских источников, так как литературных данных об этом виде перелома в отечественных источниках крайне мало. Это связано, прежде всего, с тем, что первоначально мировое и отечественное медицинские сообщества обозначали данный тип перелома как спонтанный остеонекроз мышечелков коленного сустава (SONK, spontaneous osteonecrosis of the knee). В последние годы за рубежом этот термин был пересмотрен и заменён на более подходящий (дословный перевод) – субхондральный перелом, связанный с недостаточностью костной ткани мышечелков коленного сустава (SIF/SIFK, subchondral insufficiency fracture of the knee). Согласно современным представлениям, необходимо чётко различать понятия «остеонекроз» и «субхондральный перелом, связанный с недостаточностью костной ткани», и причина тому не только различия в патогенезе данных видов патологии, но и принципиально отличающиеся подходы в ведении данных пациентов. Таким образом, учитывая принципиальные различия в диагностике и лечении пациентов со стресс-переломом, связанным с недостаточностью костной ткани, и пациентов с остеонекрозом мышечелков и актуальность стресс-перелома мышечелков коленного сустава, нами была сформулирована следующая цель – изучить имеющуюся литературу по данному вопросу.

Ключевые слова: субхондральный стрессовый перелом, недостаточность костной ткани, остеонекроз, коленный сустав, магнитно-резонансная томография

Статья поступила: 10.04.2022

Статья принята: 22.11.2022

Статья опубликована: 29.12.2022

Для цитирования: Иванков А.П., Селивёрстов П.В. Магнитно-резонансная томография субхондральных переломов, связанных с недостаточностью костной ткани мышечелков коленного сустава (обзор литературы). *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(6): 221-228. doi: 10.29413/ABS.2022-7.6.22

MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF SUBCHONDRAL INSUFFICIENCY FRACTURES IN THE KNEE (LITERATURE REVIEW)

Ivankov A.P.^{1,2},
Seliverstov P.V.¹

¹ Irkutsk Scientific Centre of Surgery
and Traumatology
(Bortsov Revolyutsii str. 1, Irkutsk 664003,
Russian Federation)

² Irkutsk City Clinical Hospital No. 1
(Baykalskaya str. 118, Irkutsk 664046,
Russian Federation)

Corresponding author:
Aleksandr P. Ivankov,
e-mail: ivankovap16@gmail.com

ABSTRACT

Stress fractures are an actual problem of modern medicine. A fracture associated with insufficiency of the bone tissue of the knee condyles is a new type of stress fracture that occurs in people aged 50–55 years in response to a normal daily activity, but with damage to the weakened subchondral bone tissue of the joint caused by various reasons. This literature review is mainly based on data from foreign medical sources, since there is very little information on this type of fracture in Russian sources. This is primarily due to the fact that initially the world and Russian medical communities designated this type of fracture as a spontaneous osteonecrosis of the knee (SONK). In recent years, this term has been revised abroad and replaced by a more suitable one – subchondral insufficiency fracture of the knee (SIF/SIFK). According to modern concepts, it is necessary to clearly distinguish among the concepts of osteonecrosis and subchondral insufficiency fracture of the knee. The reason for this is not only differences in the pathogenesis of these pathologies, but also fundamentally different approaches to managing these patients. Thus, taking into account the fundamental differences in the treatment of patients with stress fracture associated with bone insufficiency and patients with osteonecrosis, and also the relevance of stress fracture of the knee condyles, we state the following aim – to study the available literature on this problem.

Key words: subchondral stress fracture, bone insufficiency, osteonecrosis, knee joint, magnetic resonance imaging

Received: 10.04.2022
Accepted: 22.11.2022
Published: 29.12.2022

For citation: Ivankov A.P., Seliverstov P.V. Magnetic resonance imaging of subchondral insufficiency fractures in the knee (literature review). *Acta biomechanica scientifica*. 2022; 7(6): 221-228. doi: 10.29413/ABS.2022-7.6.22

ВВЕДЕНИЕ

Новый тип стрессового субхондрального перелома мышечков коленного сустава, связанный с недостаточностью костной ткани, до настоящего времени был неизвестен отечественной медицинской науке. Нашей целью стало освещение всех имеющихся основных аспектов этиологии, гистоморфологии, диагностики и лечения данного заболевания не только для лучевых диагностов, но и для клиницистов. Стремительное развитие метода магнитно-резонансной томографии позволило выявить, что в основе возникающего субхондрального участка остеонекроза какого-либо мышечка коленного сустава изначально лежит скрытый стрессовый перелом, который при отсутствии лечения может приводить к некротическим изменениям, считающимся в настоящее время осложнением данного типа перелома [1]. К освещению литературных источников и настоящей публикации по этому вопросу также побудил факт отсутствия клинических подходов к диагностике и лечению этого заболевания у отечественных врачей-травматологов и ревматологов.

ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Субхондральный стрессовый перелом, связанный с недостаточностью костной ткани (SIF/SIFK, subchondral insufficiency fracture of the knee) – это вид стрессового перелома, связанный с нормальной нагрузкой на опорные отделы сустава, но возникающий вследствие изначально ослабленных в силу разных причин трабекул в субхондральном отделе мышечка [1, 2]. Изначально это заболевание ошибочно называлось спонтанным остеонекрозом (SONK, spontaneous osteonecrosis of the knee) и ассоциировалось в основном с пожилыми женщинами с остеопорозом [1, 2]. Впервые остеонекроз описал норвежский врач С. Альбек в 1968 г. Однако С. Альбек сводил данное заболевание только к пациентам женского пола старшей возрастной группы (старше 60 лет). В 1976 г. G. d'Angeljan и соавт. сообщали о более редком виде остеонекроза медиального мышечка большеберцовой кости. Впервые классифицировать спонтанный остеонекроз на основании рентгенограмм и клинических данных удалось Т. Koshino в 1979 г. Однако в 1980-х гг. последующие классификации Ficat, Arlet оказались более удобными, но они касались только головки бедренной кости. В 2000-х гг. мировое радиологическое сообщество заговорило о субхондральных переломах, связанных с недостаточностью костной ткани, и стало совершенно ясно, что данный тип перелома и спонтанный остеонекроз – это фактически одно и то же заболевание, только термин «спонтанный остеонекроз» был ошибочным [1, 2]. С момента признания субхондрального перелома, связанного с недостаточностью костной ткани в тазобедренном суставе, как не связанного с аваскулярным остеонекрозом заболевания проводились дальнейшие исследования для оценки истинной природы некроза в контексте первопричины – стрессового перелома. При этом видимая линия перелома была ассоциирована с хондральной мета-

плазией, образованием костной мозоли и грануляционной тканью [3]. Мелкие фокусы остеонекроза локализовались между зоной перелома и хрящом, но это не было проявлением истинного остеонекроза в тазобедренном и коленном суставах. Окружающая субхондральная кость была с фокальной резорбцией, связанной с активностью остеокластов и грануляционной тканью. Данные изменения соответствовали зонам «прозрачности» на рентгенограммах [3]. Последующие исследования Т. Yamamoto и соавт. в 2000-е гг. уточнили и доказали первопричину остеонекроза в виде стрессового перелома в некоторых случаях, но уже с визуализацией данной патологии на магнитно-резонансной томографии (МРТ) [1, 3]. Поэтому сейчас считается, что при четкой картине субхондрального перелома мышечков коленного сустава следует избегать термина «спонтанный остеонекроз» (SONK) [3]. В настоящее время Американское общество скелетной радиологии и Комитет по номенклатуре неопухолевых поражений субхондральной кости рекомендовали при данной патологии использовать более корректный термин – субхондральный перелом, связанный с недостаточностью костной ткани мышечков коленного сустава (SIF) [3]. Стоит отметить, что литературные данные достаточно противоречивы и в большей степени посвящены спонтанному остеонекрозу мышечков коленного сустава (SONK), при этом англоязычная литература последних лет ограничивается немногочисленными отдельными статьями и лекциями, которые, однако, оперируют термином «стрессовый субхондральный перелом, связанный с недостаточностью костной ткани мышечков коленного сустава» (SIF). Переходя к имеющимся литературным данным по данной проблеме, стоит сказать, что довольно большая часть литературы посвящена спонтанному остеонекрозу мышечков коленного сустава (SONK), что, однако, не следовало бы всецело воспринимать как полностью соответствующее современному понятию – «субхондральный перелом, связанный с недостаточностью костной ткани», так как этот диагноз требует дальнейших отечественных и зарубежных исследований с терминологическим пересмотром (с повсеместной заменой термина SONK на SIF).

ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СУБХОНДРАЛЬНОГО ОТДЕЛА КОСТИ

Согласно оригинальной статье S. Lee и соавт. «МРТ при переломах субхондральной недостаточности суставов нижней конечности», для более углубленного понимания патогенеза заболевания рассмотрим гистоморфологию и функцию нагружаемых субхондральных отделов мышечков коленного сустава. Гистоморфология субхондрального отдела кости – это комплекс различных слоёв, выполняющих функцию прочности и удерживания хрящевого покрытия. Данный комплекс состоит из двух минерализованных слоёв, которые отделяют хрящ от подлежащего костного мозга. Первый слой является «кальцифицированным» хрящом, который на рентгенограммах, мультиспиральных компьютерных

томограммах и снимках МРТ более плотный и называется в медицинской практике кортикальным слоем кости. Между двух слоёв (кальцифицированным и гиалиновым хрящом) также имеется тонкий гладкий слой, называемый «полосой отлива» («tidemark»), образующий вместе с двумя вышеуказанными слоями трёхпластинчатый объёмный комплекс [3]. Считается, что именно данный tidemark-слой является очень важной биомеханической структурой и вместе с гиалиновым хрящом играет определяющую роль в аспекте микротравмы субхондральной кости. Между tidemark-слоем и субхондральным костным мозгом в кальцифицированном хрящевом слое находятся кальцифицированные хрящевые пластинчатые структуры, ориентированные под прямым углом к хрящу опорных отделов кости. Данные пластинчатые кальцифицированные структуры, чередуясь с костными трабекулами, образуют прочную и устойчивую систему. Важно, что нет продолжающихся коллагеновых волокон вглубь данного трёхпластинчатого трёхмерного комплекса субхондральной кости, которые бы ослабляли субхондральный костный комплекс. Хрящ играет очень важную роль в равномерном распределении нагрузки на субхондральную кость, поэтому считается что неповреждённый хрящ и иные амортизирующие структуры (в коленном суставе – мениски) имеют важное значение в нормальной функции субхондрального костного плато. В свою очередь, функция субхондральной кости также очень важна в обеспечении поддержки покрывающего эпифиз хряща. Обе опорные хрящевые поверхности и субхондральная кость эпифизов сустава участвуют в акте динамического рассеивания нагрузки. Таким образом, можно думать, что стрессовые переломы, связанные с недостаточностью костной ткани, равно как и остеоартроз, являются заболеваниями не только «хрящевого покрытия», но также и субхондральной кости, а правильнее сказать – заболеваниями всего комплекса хрящ + субхондральная кость [3]. Было установлено, что суставная конгруэнтность определяет толщину хряща двух контактируемых суставных поверхностей [3]. В суставах, где имеется высокая конгруэнтность суставных поверхностей, хрящ тонкий; в суставах с невысокой конгруэнтностью – более толстый. Для примера, сравним толщину хряща сустава с высокой конгруэнтностью суставных поверхностей (голеностопного) и хряща с довольно низкой конгруэнтностью (коленного). Толщина хрящевого покрытия в голеностопном суставе в среднем составляет 1,2 мм (от 1,0 до 1,6 мм). Хрящ суставных поверхностей в коленном суставе значительно толще – в среднем 2,2 мм (от 1,7 до 2,6 мм) [3]. Суставы с высокой конгруэнтностью поверхностей имеют большую площадь контактируемых поверхностей для нормального рассеивания вертикальной нагрузки; соответственно, у них нет необходимости в «толстом» хряще. Суставы с низкой конгруэнтностью нуждаются в более толстом хряще, который способен легко деформироваться для обеспечения большей площади контакта, что ведёт к уменьшению и правильному распределению (рассеиванию) нагрузки на опорную субхондральную кость сустава. Коленный сустав имеет достаточно низкую кон-

груэнтность суставных поверхностей мыщелков, что обуславливает наличие в нём довольно толстого хряща, обеспечивающего равномерное распределение нагрузки на субхондральную кость [3]. Данное научное обоснование показывает, что остеоартроз (остеоартрит) играет важную роль в патофизиологии стрессового перелома, связанного с недостаточностью костной ткани мыщелков коленного сустава. Потому дегенеративная хондромалиция опорных поверхностей сустава при остеоартрозе, дегенерация и экструзия и/или сопутствующий разрыв мениска ведут к нарушению биомеханического защитного распределения нагрузки на суставные поверхности, что неизбежно сказывается на повышении стрессового давления на субхондральную кость нагружаемой поверхности сустава [3].

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ СЕМИОТИКА СУБХОНДРАЛЬНОГО СТРЕССОВОГО ПЕРЕЛОМА

Наиболее частая зона поражения при переломе, связанном с недостаточностью костной ткани, – медиальный мыщелок бедренной кости. Реже бывают вовлечены латеральный мыщелок бедренной кости и плато большеберцовой кости [4]. Z.B. Hussain и соавт. обнаружили корреляцию стрессовых переломов, связанных с недостаточностью костной ткани мыщелков коленного сустава, с разрывами менисков, особенно с разрывами в области корня заднего рога медиального мениска [3, 4]. Также субхондральные переломы, связанные с недостаточностью костной ткани, тесно связаны с предшествующими менискэктомией и другими артроскопическими вмешательствами (радиочастотная терапия, реконструкция передней крестообразной связки) [4].

Клинически пациенты с данным типом стрессового перелома обычно описывают внезапно возникшую резкую и непроходящую боль, которая уменьшается пропорционально изменениям, соответственно динамике развития процесса на рентгенограммах [4]. Хотя первоначальные рентгенограммы при стресс-переломах, связанных с недостаточностью костной ткани мыщелков коленного сустава, обычно не демонстрируют изменений, контрольные рентгенограммы могут выявить стадию осложнений в виде коллапса субхондральной кости с фокусами просветления [4]. Однако лишь МРТ коленного сустава позволяет диагностировать данный вид стресс-перелома на ранней его стадии, поэтому только МРТ может быть методом выбора в визуализации субхондрального перелома, связанного с недостаточностью костной ткани [4]. Данный тип субхондрального перелома – одна из причин субхондрального отёка костного мозга мыщелков коленного сустава, визуализируемого только при магнитно-резонансной томографии [4].

МРТ-семиотика при этом заболевании, кроме отёка, также включает непосредственно линию низкого сигнала на T1-взвешенных изображениях (T1-ВИ) в субхондральных отделах кости (линия перелома), связанную с перифокальным отёком, на жидкость в чувствительных импульс-

ных последовательностях (T2-FS, T2 fat-saturated или PD-FS, proton density fat-saturated). Линия перелома может быть непрерывной или прерывистой и обычно полулунная или параллельна субхондральной пластинке. Также линия перелома может не выходить на суставную поверхность (или быть с «открытым» концом) [4]. В последующие стадии, помимо линии перелома, часто возникает зона гипоинтенсивной утолщённости, видимая на T1-ВИ, и жидкость в чувствительных импульсных последовательностях (T2-FS или PD-FS). Считается, что гистологически данная зона гипоинтенсивной утолщённости представляет собой сочетание фиброзной мозоли, склероза и грануляционной ткани и служит прогностическим фактором развития вторичного остеонекроза, вплоть до коллапса (уплощения) суставной поверхности мыщелка, с последующим развитием вторичного остеоартроза [4]. В исследовании S. Lee и соавт. (2019) также были выявлены особенности локализации субхондрального перелома, связанного с недостаточностью костной ткани: на коронарных изображениях до 70 % зон стресс-перелома, связанного с недостаточностью костной ткани, локализуются центрально, 27 % – в периферических отделах мыщелка и лишь 3 % – по внутреннему краю мыщелка. На сагитальных изображениях 77 % изменений были локализованы центрально (средние отделы), 19 % – в задних отделах мыщелка и только 4 % – в передних отделах мыщелка коленного сустава [4]. Таким образом, чаще всего данный тип субхондрального стрессового перелома локализуется в центральный опорных (нагружаемых) отделах мыщелков коленного сустава [4]. Размеры зоны перелома обычно варьируют от 4 до 31 мм. Ассоциированный с переломом отёк прилежащих мягких тканей выявляется в 80–90 % случаев: в 70–80 % случаев – около медиальной коллатеральной связки, в 60–70 % – в задних отделах мыщелка бедренной кости. Только 18–20 % зон отёка локализуются в большеберцовом плато. Воспалительные изменения в суставе обычно фиксируются в 50–60 % случаев, часто с утолщением синовиальной оболочки. Довольно часто (в 60–70 % случаев) при субхондральном стресс-переломе, связанном с недостаточностью, выявляются разрывы медиального мениска, из них чаще (около 70–80 % случаев) – в медиальных отделах сустава, около 20–30 % – в латеральных отделах сустава. Разрывы менисков чаще включают повреждение корня заднего рога – около 40 % случаев. Прогрессирование перелома, связанного с недостаточностью костной ткани, в субхондральный коллапс наблюдается в 60–70 % случаев, и обычно это связано с женским полом, а также с экстрюзией прилежащего к перелому мениска более 3 мм за пределы мыщелка [4].

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ДИАГНОЗ СТРЕССОВОГО СУБХОНДРАЛЬНОГО ПЕРЕЛОМА, СВЯЗАННОГО С НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ КОСТНОЙ ТКАНИ МЫЩЕЛКОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА

По данным группы авторов под руководством Т. Gorbachova (2018), субхондральный стрессовый пере-

лом, связанный с недостаточностью костной ткани мыщелков, наиболее часто приходится дифференцировать с остеоартрозом (остеоартритом), аваскулярным некрозом, острым субхондральным переломом, рассекающим остеохондритом [4]. При рассмотрении данных заболеваний в контексте дифференциального диагноза необходимо в первую очередь заострить внимание на анамнестических и клинических данных, которые уже на этапе знакомства с пациентом могут помочь в правильной диагностике.

Необходимо сразу обозначить, что вышеперечисленные субхондральные заболевания коленного сустава встречаются в разных возрастных группах. Рассекающий остеохондрит – это болезнь детей и подростков, а также молодых взрослых. Острый субхондральный перелом может встретиться в любом возрасте, но чаще возникает у молодых активных людей и спортсменов (20–50 лет). Остеоартроз (остеоартрит) – это заболевание взрослых и пожилых (обычно 50–90 лет). При первичном (аваскулярном) остеонекрозе возраст больных в пределах 20–40 лет. Наконец, при субхондральном стрессовом переломе, связанном с недостаточностью костной ткани мыщелков, возраст пациентов варьирует от 50–55 лет и обычно до 70–80 лет [4]. Клинические данные также включают: факторы риска, болевой синдром, роль травмы. Факторами риска при аваскулярном остеонекрозе являются терапия кортикостероидами и алкоголизм; при субхондральном стресс-переломе, связанном с недостаточностью костной ткани, – остеопороз, системные заболевания, ожирение, сахарный диабет. При рассекающем остеохондрите, остеоартрозе и остром субхондральном переломе специфических факторов риска не существует. При травматическом остром субхондральном переломе прямая причина – травма достаточно большой силы, а при стрессовом переломе, связанном с недостаточностью костной ткани, нет указаний на травму, либо она была минимальной. По современным воззрениям, аваскулярный (первичный) остеонекроз и остеоартроз (остеоартрит) напрямую не связаны с травмой. В патогенезе рассекающего остеохондрита большая роль уделяется повторяющейся и продолжительной микротравме, но острая травма не характерна. В отношении болевого синдрома при данных субхондральных заболеваниях можно отметить следующие характерные черты. При остром травматическом субхондральном переломе боль острая, сильная; при стресс-переломе, связанном с недостаточностью костной ткани, возникает внезапная разлитая непроходящая боль. При аваскулярном остеонекрозе возникает нечёткая боль, резко усиливающаяся при возникновении коллапса. Для рассекающего остеохондрита характерны локальные боли, часто усиливающиеся при нагрузке. При смещении костного фрагмента боли обычно резкие, механического типа. Для остеоартроза (остеоартрита) характерны хронические и, часто, ночные боли [4].

МРТ-семиотика при данных заболеваниях довольно сложна и требует специфических радиологических знаний, но, тем не менее, практически каждое из вышеперечисленных заболеваний субхондральных отделов

мышцелков коленного сустава имеет свои характерные диагностические симптомы.

Диагностическими (МРТ) критериями дифференциальной диагностики будут являться локализация зоны поражения и МР-семиотика выявленных изменений в субхондральном отделе мышцелка. Локализация патологии при остром травматическом субхондральном переломе неспецифична и зависит от механизма травмы. При аваскулярном (первичном) некрозе локализация может быть любой, но очень часто субхондральные фокусы имеют географическую форму и могут распространяться глубоко в метаэпифизарную зону. При рассекающем остеохондрите зона поражения наиболее часто локализуется в медиальном мышцелке бедренной кости и особенно у межмышцелковой вырезки, но изредка встречается и в латеральном мышцелке бедренной кости. Остеоартроз (остеоартрит) чаще более выражен в опорных зонах мышцелков коленного сустава, особенно в медиальных. При субхондральном стрессовом переломе, связанном с недостаточностью костной ткани мышцелков, наиболее часто (в 90 % случаев) изменения были локализованы в опорных отделах медиального мышцелка бедренной кости, реже – в латеральном мышцелке бедренной кости и нагружаемых отделах мышцелков тибияльного плато [4].

Специфичным по МР-семиотике симптомом при рассекающем остеохондрите является зона «рассечения» в виде формирующегося фрагмента, имеющего форму полумесяца, с вовлечением хряща. При данной патологии первоначально возникает полукруглой формы линия повышенного сигнала в жидкость-чувствительных режимах T2 и PD с жироводавлением, но со сниженным сигналом на T1-ВИ. Далее по краю линии «рассечения» могут возникать кистовидные фокусы. Затем при формировании (отделении) костно-хрящевого фрагмента вовлекается хрящ с его «отделением» сообразно краям костного фрагмента. И в завершающей стадии может произойти миграция костно-хрящевого фрагмента из материнского субхондрального ложа мышцелка сустава [4].

Остеоартроз (остеоартрит) также имеет свои характерные особенности МР-семиотики. Часто при постепенном истончении хрящевого покрытия мышцелков возникают субхондральные (субкортикальные) кисты на фоне зон гипоинтенсивного склероза в режимах T2- и T1-ВИ, а также в жидкость-чувствительных режимах жироводавления (T2-FS и PD-FS). Помимо кист, в зоне данных дегенеративных изменений часто перифокально наблюдается хронический перифокальный отёк. При прогрессировании остеоартроза, как правило, суставные поверхности поражённых мышцелков уплощаются (ремоделирование).

МР-семиотика первичного (аваскулярного) остеонекроза имеет характерную диагностическую картину в виде субхондральных и метаэпифизарных некротических фокусов с гипоинтенсивными краями, зачастую с признаком «двойной линии» и с внутри расположенным гиперинтенсивным на T2-ВИ (T2-FS и PD-FS) участком васкуляризованной грануляционной ткани на фоне субхондральной линии склероза. Данные изменения при истинном остеонекрозе крайне редко бывают оди-

ночными, чаще всего таких зон несколько, с локализацией в опорных отделах мышцелков и почти всегда с распространением вглубь на костную ткань метаэпифиза. В отличие от зоны субхондрального перелома, фокус остеонекроза выглядит не как линия, а как географической (неправильной) формы зона инфаркта костной ткани с маргинальной линией границы. Хотя следует сказать, что форма маргинальной линии при остеонекрозе не является патогномоничной (может имитировать перелом) и зависит от размеров и локализации фокуса остеонекроза (костномозгового инфаркта) [4].

На МР-томограммах при остром травматическом субхондральном переломе на первое место выходит субхондральная зона перифокального отёка костного мозга с линией непосредственно перелома, чётко определяемой на T1-ВИ (а также на T2-ВИ) в виде гипоинтенсивной линии. Данная линия бывает очень похожа на линию стрессового субхондрального перелома, связанного с недостаточностью костной ткани мышцелков. Поэтому в данном случае для адекватной дифференциальной диагностики необходимо анализировать все вышеперечисленные критерии острого субхондрального перелома в соответствии с полными клинико-anamnestическими данными (возраст – как правило активные взрослые; факт острой травмы большой силы на здоровую кость; отсутствие факторов риска, характерных для других состояний). Также немаловажное значение в дифференциальной диагностике острого субхондрального перелома имеет наличие сочетания данной патологии с повреждением мягкотканых структур сустава (коллатеральных связок, передней крестообразной связки и т. д. в зависимости от механизма травмы) [4].

МР-семиотика субхондрального стресс-перелома, связанного с недостаточностью костной ткани мышцелков, тесно связана с его патогенезом и, соответственно, со стадией развития. Однако в настоящее время не существует официально принятой классификации стадирования данного типа стрессового перелома [4]. Условно можно выделить начальную и развёрнутую стадии, стадию осложнений [4, 5]. Также в данном случае очень подходящими классификациями являются модифицированная классификация Ficat для остеонекроза и рентгенологическая классификация Koshino [4–7]. На начальной (1-й) стадии перелома на МР-томограммах имеется только зона субхондрального отёка костного мозга, линии перелома ещё нет. Во второй стадии заболевания на фоне отёка костного мозга уже становится видимой субхондральная линия перелома, имеющая гипоинтенсивный на T1-ВИ и T2-FS-ВИ (PD-FS-ВИ) сигнал. Данная линия перелома может быть различной формы, но чаще встречаются два её варианта – линия почти параллельная поверхности мышцелка или линия имеет полукруглую форму [7, 8]. В третью стадию, помимо линии перелома, уже можно наблюдать склеротическую линию или фокальные гипоинтенсивные на T1-ВИ и T2-FS-ВИ (PD-FS-ВИ) участки склероза в зоне кортикального слоя кости. Считается, что данные склеротические изменения гистологически представляют собой зону костной мозоли и грануляционной ткани [9]. Данная линия «склеро-

за» на МР-томограммах часто создаёт картину утолщённого кортикального слоя кости на фоне субхондральной линии перелома. Четвёртая стадия уже подразумевает вторичные изменения субхондральной кости – со вторичным остеонекрозом и коллапсом (уплощением) суставной поверхности. Зона остеонекроза выглядит как участок повышения сигнала в жидкость-чувствительных режимах (T2-FS-ВИ, PD-FS-ВИ). Иногда в данной стадии осложнений возникает фрагментация в виде отделившегося костно-хрящевого фрагмента [9, 10].

ОСНОВЫ ЛЕЧЕНИЯ СУБХОНДРАЛЬНОГО СТРЕССОВОГО ПЕРЕЛОМА, СВЯЗАННОГО С НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ КОСТНОЙ ТКАНИ МЫШЦЕКОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА

В отечественной медицине лечение данного типа стрессового перелома мышечков коленного сустава до сих пор не разработано. Имеются лишь весьма разрозненные и неструктурированные данные из иностранных источников.

Общие зарубежные принципы лечения следующие. Ранняя диагностика и консервативная терапия обычно приводят к консолидации перелома без последствий и позволяют избежать прогрессирования во вторичный остеонекроз и субхондральный коллапс с отделением костного фрагмента [11]. Консервативная терапия обычно включает приём нестероидных противовоспалительных препаратов, снятие нагрузки с опорных отделов сустава и снятие избыточной мышечной активности [11]. У части пациентов с данным типом стрессового перелома, по данным контрольных МР-томограмм, в динамике прослеживается высокая степень заживления и уменьшение размеров линии субхондрального перелома при применении ингибиторов простагландинов (в сравнении с трамадолом) [11]. Имеются данные о том, что если площадь зоны перелома менее 3,5 см², то пациенты успешно выздоравливают при правильно подобранной ранней консервативной терапии. Однако при площади перелома более 5 см² (или 40 % от всей ширины мышечка), то по прогнозу, вероятнее всего, может потребоваться хирургическая коррекция. В данных случаях может быть применена «высокая тиббиальная» остеотомия или тотальное эндопротезирование коленного сустава [11]. Кроме того, при сопутствующем повреждении прилежащего к зоне перелома мениска, а также при хондромалиции суставной поверхности поражённого мышечка зачастую требуется дополнительное хирургическое вмешательство с целью коррекции данных патологических состояний [11, 12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Субхондральный стрессовый перелом, связанный с недостаточностью костной ткани мышечков коленного сустава, является достаточно трудным клинически и рентгенологически и может быть не распознан на ран-

ней стадии. Данный тип стрессового перелома, в первую очередь, должен быть заподозрен при внезапном тяжёлом непроходящем болевом синдроме и отрицательных данных на первичных рентгенограммах. Наиболее эффективным методом диагностики стрессового перелома, связанного с недостаточностью кости, является МРТ (особенно на ранней стадии перелома). По МР-семиотике является отёк и гипоинтенсивная линия перелома в режимах T1- и T2-ВИ (PD-FS-ВИ) в субхондральных отделах какого-либо мышечка коленного сустава (чаще – медиального мышечка бедренной кости). Данный тип стрессового перелома характерен для пациентов старшей возрастной категории (50–90 лет), иногда с остеопорозом в анамнезе. Часто пациенты имеют предшествующие перелому дегенеративные изменения хряща мышечков и повреждения менисков. При площади зоны перелома более 40 % от площади поражённого мышечка и несвоевременно начатой консервативной терапии имеются предпосылки для развития осложнений в виде вторичного остеонекроза и субхондрального коллапса. Ранняя МРТ-диагностика и своевременная консервативная терапия при данном типе перелома имеют решающее значение для предотвращения развития осложнений в виде субхондрального костного коллапса, который может привести к выраженному вторичному остеоартрозу, требующему тотального эндопротезирования сустава.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Yamamoto T, Bullough PG. Spontaneous osteonecrosis of the knee: the result of subchondral insufficiency fracture. *J Bone Joint Surgery Am.* 2000; 82(6): 858-866. doi: 10.2106/00004623-200006000-00013
2. An V, Broek M, Oussedik S. Subchondral insufficiency fracture in the lateral compartment of the knee in a 64-year-old marathon runner. *Knee Surg Relat Res.* 2017; 29(4): 325-328. doi: 10.5792/ksrr.17.049
3. Lee S, Saifuddin A. Magnetic resonance imaging of subchondral insufficiency fractures of the lower limb. *Skeletal Radiol.* 2018; 48: 1011-1021 doi: 10.1007/s00256-019-3160-4
4. Gorbachova T, Melenevsky Y, Cohen M, Cerniglia B. Osteochondral lesions of the knee: Differentiating the most common entities at MRI. *RadioGraphics;* 2018; 38: 1478-1495. doi: 10.1148/rg.2018180044
5. Ohtsuru T, Yamamoto T, Murata Y. Incidence of osteonecrosis and insufficiency fracture of the hip and knee joints based on MRI in 300 renal transplant patients. *Hip Int.* 2019; 29(3): 316-321. doi: 10.1177/1120700018808693
6. Sayyid S, Younan Y, Sharma G, Singer A, Morrison W, Zoga A, et al. Subchondral insufficiency fracture of the knee: Grading, risk factors, and outcome. *Skeletal Radiol.* 2019; 48(12): 1961-1974. doi: 10.1007/s00256-019-03245-6
7. Pareek A, Parkes S, Bernard C, Camp C, Saris D, Stuart M, et al. Spontaneous osteonecrosis/subchondral insufficiency

fractures of the knee high rates of conversion to surgical treatment and arthroplasty. *J Bone Joint Surg.* 2020; 102(9): 821-829. doi: 10.2106/JBJS.19.00381

8. Vidoni A, Shah R, Mak D, Beale D, Beale S, James S, et al. Metaphyseal burst sign: A secondary sign on MRI of subchondral insufficiency fracture of the knee. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2018; 62(6): 764-768. doi: 10.1111/1754-9485.12781

9. Ochi J, Nozaki T, Nimura A, Yamaguchi T, Kitamura N. Subchondral insufficiency fracture of the knee: Review of current concepts and radiological differential diagnoses. *Jpn J Radiol.* 2021; 40(5): 443-457. doi: 10.1007/s11604-021-01224-3

10. Nicoletti D. Subchondral insufficiency fracture – knee. Case study. *Radiopaedia.org.* 2021; URL: <https://radiopaedia.org/cases/67293> [date of access: 01.04.2022]. doi: 10.53347/rID-67293

11. Bonadio M, Giglio P, Helito C, Silva H, Gobbi R, Camanho G, et al. Treatment of subchondral insufficiency fracture of the knee by subchondroplasty. *Ann Joint.* 2020; 5: 37. doi: 10.21037/aoj.2019.10.02

12. Weerakkody Y, Deng F. Subchondral insufficiency fracture. Reference article. *Radiopaedia.org.* 2021; URL: <https://radiopaedia.org/articles/65145> [date of access: 01.04.2022]. doi: 10.53347/rID-65145

Сведения об авторах

Иванков Александр Петрович – врач-рентгенолог, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; специалист кабинета магнитно-резонансной томографии, ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 1», e-mail: ivankovap16@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2383-6359>

Селивёрстов Павел Владимирович – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделением лучевой диагностики научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: pavv2001@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4050-9157>

Information about the authors

Aleksandr P. Ivankov – Junior Research Officer, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; Radiologist at the MRI Department, Irkutsk City Clinical Hospital No. 1, e-mail: ivankovap16@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2383-6359>

Pavel V. Seliverstov – Dr. Sc. (Med.), Leading Research Officer, Head of the Department of Radiodiagnosics of the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: pavv2001@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4050-9157>