

## ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В ИЗУЧЕНИИ СУХОЖИЛИЙ КИСТИ В НОРМЕ И ПРИ ИХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ

Гурьянов А.М., Тюрина Я.А.

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Оренбург, e-mail: guryanna@yandex.ru*

В публикациях, посвященных травмам сухожилий, сообщается о высокой частоте диагностических ошибок, существенно снижающих шансы на благоприятный исход лечения. На этом фоне не определена роль магнитно-резонансной томографии (МРТ) в диагностике травм сухожилий, отсутствуют общепринятые МРТ-критерии их повреждений. Цель – определить возможности МРТ в изучении анатомии сухожилий кисти в норме и при повреждениях. Проведена МРТ у 20 чел., не имеющих травм сухожилий, и 10 пациентов с их повреждениями. Установлено, что в норме сухожилия гипоинтенсивны, имеют параллельные или несколько вогнутые контуры, сухожильные пучки и оболочки сухожилий кисти не визуализируются. Сухожилия разгибателей на протяжении кисти тесно прилежат к костям, сухожилия сгибателей пальцев на протяжении 5–3-й зон имели прямолинейный ход, а дистальнее изгибались повторяя костно-суставной рельеф пальцев. При повреждениях их сигнал менялся на гиперинтенсивный, прерывался, диаметр и площадь поперечного сечения культей увеличивались. Показано, что МРТ может служить методом изучения прижизненной анатомии и диагностики травм сухожилий на уровне проксимальных зон кисти, а полученные данные могут использоваться при предоперационном планировании и контроле лечения на всех его этапах. При этом 1,5-Тесловую МРТ с шагом сканирования и толщиной среза 3,0 мм нельзя считать точным методом диагностики травм сухожилий на уровне пальцев.

Ключевые слова: повреждение сухожилий кисти, МРТ-анатомия сухожилий, магнитно-резонансная томография.

## THE POSSIBILITIES OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN THE STUDY OF HAND TENDONS IN NORMAL AND DAMAGED CONDITIONS

Guryanov A.M., Tyurina Ya.A.

*Orenburg State Medical University Ministry of Health of the Russian Federation, Orenburg, e-mail: guryanna@yandex.ru*

Publications on tendon injuries report a high frequency of diagnostic errors that significantly reduce the chances of a favorable outcome of treatment. Against this background, the role of magnetic resonance imaging (MRI) in the diagnosis of tendon injuries has not been determined, and there are no generally accepted MRI criteria for their damage. The aim is to determine the possibilities of MRI in studying the anatomy of the tendons of the hand in normal and damaged conditions. MRI was performed in 20 people without tendon injuries and 10 patients with their injuries. It was found that tendons are normally hypointensive, have parallel or somewhat concave contours, tendon bundles and tendon sheaths of the hand are not visualized. The tendons of the extensors throughout the hand are closely attached to the bones, the tendons of the flexors of the fingers throughout the 5th–3rd zones had a rectilinear course, and bent distally repeating the bone-articular relief of the fingers. In case of damage, their signal changed to hyperintensive, was interrupted, and the diameter and cross-sectional area of the stump increased. It is shown that MRI can serve as a method for studying the in vivo anatomy and diagnosing tendon injuries at the level of the proximal zones of the hand, and the data obtained can be used in preoperative planning and control of treatment at all its stages. At the same time, a 1.5- Thermal MRI with a scanning step and a cut thickness of 3.0 mm cannot be considered an accurate method of diagnosing tendon injuries at finger level.

Keywords: hand tendon injury, MRI anatomy of tendons, magnetic resonance imaging.

В публикациях последних лет сообщается о высокой частоте повреждений сухожилий конечностей и большом числе ошибок в их диагностике, существенно снижающих шансы на благоприятный исход лечения [1–3]. На этом фоне единичны и не обобщены данные по нормальной прижизненной анатомии и патологических изменениях сухожилий кисти в результате повреждений, не определена роль МРТ-исследования, отсутствуют общепринятые

МРТ-критерии их повреждений, ценность метода и его разрешающая способность в этом плане мало изучены. Между тем новые знания по прижизненной анатомии сухожилий могли бы расширить возможности хирурга в восстановлении утраченных в результате травмы функций конечности.

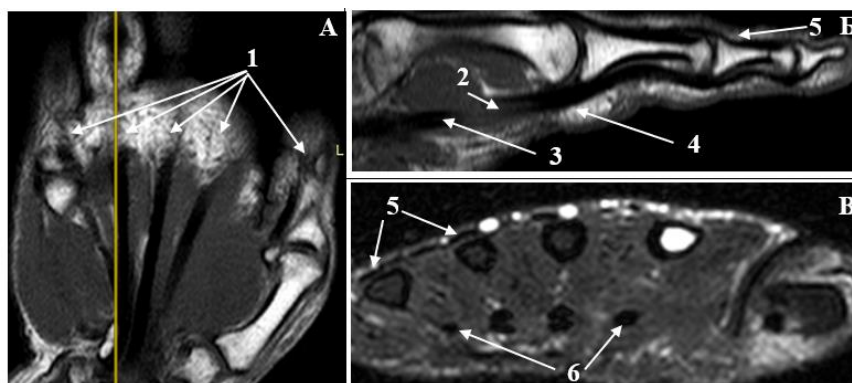
Цель исследования – определить возможности магнитно-резонансной томографии в изучении анатомии сухожилий предплечья и кисти в норме и при их повреждениях.

### **Материалы и методы исследования**

Материалом исследований послужили МР-томограммы 30 человек обоих полов. В исследование не вошли лица с патологическими состояниями, которые могли повлиять на его результаты. Исследование проведено у 20 чел. по причинам, не связанным с патологией кисти, и у 10 пациентов с повреждениями сухожилий. Все исследования выполнены на магнитно-резонансных томографах мощностью 1,5 Тесла (Тл), по стандартной программе: толщина среза – 3,0 мм, шаг сканирования 3,0 мм. Описание проводили согласно зонам кисти по С. Verdan [4]. Оценивали МРТ-структуру, синтопию, голотопию, скелетотопию, сухожилий. Для определения линейных размеров использовали программное обеспечение «RadiAnt Dicom Viewer». При описании томограмм гипоинтенсивный сигнал, исходящий от структур и органов, соответствовал черному цвету, изоинтенсивный – серому, и гиперинтенсивный сигнал – белому цвету. Статистическая обработка проведена с помощью программы STATISTICA 10.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

*Нормальная МР-анатомия сухожилий кисти.* Полученные данные показывают, что в норме сухожилия во всех режимах имеют гипоинтенсивный гомогенный сигнал и черный цвет. Во фронтальной плоскости (рис. 1, А) сухожилия сгибателей и разгибателей имели вид лент и на уровне кистевого сустава располагались в непосредственной близости друг к другу, а далее дивергентно расходились в направлении пальцев. Проследить их на всем протяжении на одном срезе невозможно в связи с разноглубоким залеганием, извитым ходом и дивергентностью, что может быть ошибочно трактовано как повреждение сухожилий.



*Рис. 1. Сложности МРТ-визуализации сухожилий кисти. А – при целостности сгибателей 1-го пальца в 3-й и 4-й зонах, сгибателей 2–5-го пальцев на протяжении 2-й и 4-й зон они на данных срезах не видны ввиду их разноглубокого залегания (1), Б – сгибатели 4-го пальца имеют прерывистый контур (2), на самом деле в срез попали проксимальные отделы сгибателей 3-го пальца (3) и дистальные отделы сгибателей 4-го пальца (4), В – тонкость разгибателей пальцев кисти, их плотное прилегание к костям (5), слияние контуров поверхностного и глубокого сгибателей (6) на аксиальном срезе*

Сухожилия в сагиттальной плоскости (рис. 1, Б) имели вид более узкой ленты, толщина их в проксимальных отделах в 2–3 раза, а в дистальных – в 4–5 раз меньше в сравнении с шириной на фронтальных срезах. На аксиальных срезах (рис. 1, В) сгибатели имели округлые формы на протяжении от мышц и до фаланг пальцев, с соотношением фронтального и сагиттального диаметров в интервале 2:1 – 3:1, становясь плоскими в дистальных участках 2-й и в 1-й зонах с соотношением диаметров 4:1 и 5:1 соответственно. Разгибатели на уровне предплечья и запястья были овальными в поперечном сечении, а на протяжении пястных костей и фаланг – плоскими.

На уровне 5-й зоны (рис. 2, А) контуры каждого сухожилия имели ровную поверхность и были параллельны друг другу, в направлении карпального канала они сближались, создавая впечатление их сужения. Однако это вызвано скорее ротацией сухожилий при входе в канал, чем определяется более компактное их взаимоположение в нем, что хорошо видно на аксиальных срезах (рис. 2, В–Д) по изменению ориентации их поперечных контуров на разных уровнях канала. На уровне карпального канала (зона 4) сухожилия располагались параллельно и более компактно. В поверхностном слое снаружи кнутри видны длинный сгибатель 1-го пальца (1), поверхностный сгибатель 2–5 пальцев (обозначены соответственно 2, 3, 4, 5), а между ними – срединный нерв (6). Замечено, что на фронтальных срезах сухожилие поверхностного сгибателя 2-го пальца (2) находится ульнарнее поверхностного сгибателя 3-го пальца (3), ближе к каналу, над лучезапястным суставом или проксимальнее на 15,0 мм, оно пересекает его косо изнутри кнаружи (7), проходя несколько глубже, и уже дистальнее перекреста в самом канале находится радиарнее. Глубокий слой содержит глубокие сгибатели пальцев со 2-го по 5-й (8).

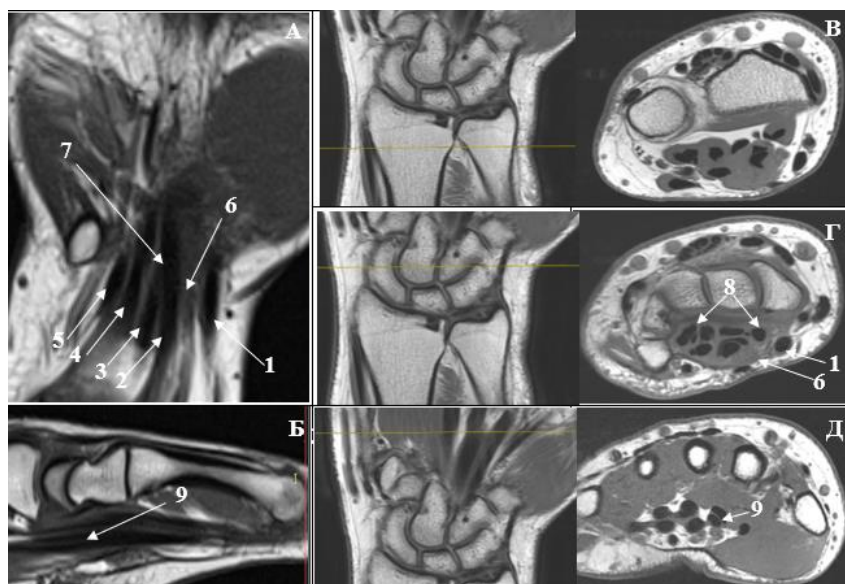


Рис. 2. МРТ сухожилий сгибателей, 5–3-я зоны. Режим T1-ВИ. Пояснения в тексте

На уровне 3-й зоны в сагиттальной плоскости сухожилия сгибателей имели прямолинейный ход, не повторяя изгиба костей, постепенно сужались в дистальном направлении. Различить сухожилия поверхностных и глубоких сгибателей между собой возможно по тонкой изоинтенсивной полоске между ними (9). Во фронтальной плоскости на выходе из канала сухожилия дивергентно расходились. Различить при этом поверхностный и глубокий сгибатели достаточно сложно, ввиду их полной соосности, а шаг сканирования 3,0 мм не позволяет видеть границу между ними, помогает только синхронный просмотр изображений в трех плоскостях. Наружный и внутренний контуры сухожилий были прямолинейны (65,4 %), или несколько вогнуты друг к другу в средней трети (34,6 %), ширина их увеличивалась в направлении пальцев и была наибольшей над пястно-фаланговыми суставами, что вызвано как истинным их расширением, так и обратной ротацией сухожилий на выходе из канала в направлении пальцев. Размеры сухожилий были сопоставимы с данными анатомических исследований, проведенных авторами ранее [5].

Во 2-й зоне (рис. 3) в сагиттальной плоскости сухожилия сгибателей постепенно сужались в дистальном направлении и имели чередующиеся плавные изгибы кпереди – над суставами (1) и кзади – между ними (2), повторяя костно-суставной рельеф. Места разделения поверхностного сгибателя на ножки и перекрест Кемпера (3) на фронтальных срезах находились на середине проксимальной фаланги, после чего их дифференцировать трудно. Визуализация разгибателей на уровне пальцев при томографии 1,5 Тл и шаге сканирования 3,0 мм еще более затруднена.

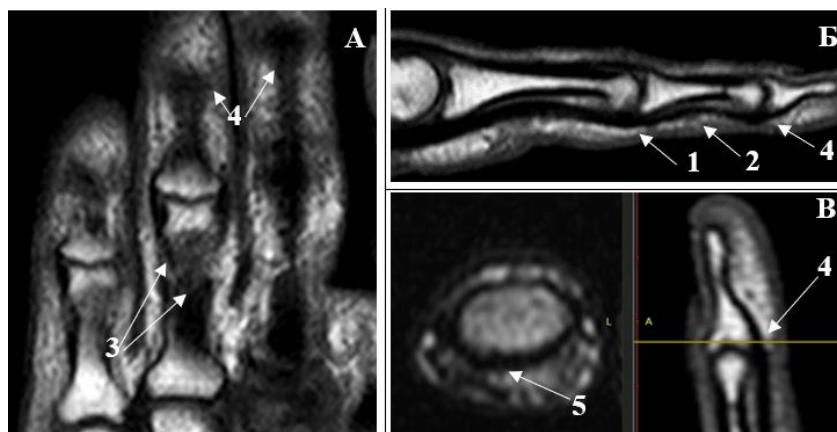


Рис. 3. Зоны 1 и 2. А – сагиттальный срез, Б – фронтальный срез, В – энтезис глубокого сгибателя (пояснения в тексте)

В 1-й зоне дистальная часть глубоких сгибателей несколько расширялась, утолщалась и прикреплялась к волярной поверхности ногтевой фаланги на границе проксимальной и средней трети или непосредственно к ее основанию (4), в аксиальной плоскости она имела дугообразный изгиб (5) по контуру основания фаланги и крепилась по всей ее волярной полуокружности. Дифференцировать их пучковую структуру и оболочки в норме не представляется возможным ввиду очень плотного прилегания пучков друг к другу, а оболочек – к сухожилию.

*МРТ-анатомические изменения при повреждениях сухожилий.* От зоны дефекта сухожилия определялся гиперинтенсивный сигнал в Т2-ВИ и режиме жироподавления за счет интерстициального отека, гипоинтенсивный сигнал от культей сухожилия в Т1-ВИ режиме ближе к месту разрыва постепенно сменялся изоинтенсивным или гиперинтенсивным, а в месте разрыва прерывался. На аксиальных срезах размеры и площадь поперечного сечения культей увеличивались за счет разволокнения и интерстициального отека, а пространство между ними было заполнено жидким содержимым. Режим с жироподавлением с высокой точностью определял экссудат в зоне диастаза, а Т1-ВИ – высокобелковый компонент выпота, включая геморрагический. В застарелых случаях отмечались адгезия и сужение костно-фиброзных каналов.

В качестве примера приводим результаты исследования пациента с застарелой травмой сгибателей 5-го пальца правой кисти в 3-й зоне (рис. 4). Фронтальный срез (А, Б): конец проксимальной культы утолщен, извит, гиперинтенсивен (1), сигнал ее прерывается (2), в зоне дефекта гиперинтенсивный экссудат (3). Сагиттальные срезы: В – срез на уровне 4-го пальца – проксимальная культа (4), а дистальнее ее, сухожилия, принадлежащие 4-му пальцу и сам палец (5), Г – срез на уровне 5-го пальца – дистрофичные дистальные культы сухожилий сгибателей 5-го пальца (6). На аксиальном срезе (Д) проксимальные культы гиперинтенсивны, утолщены и деформированы (7).

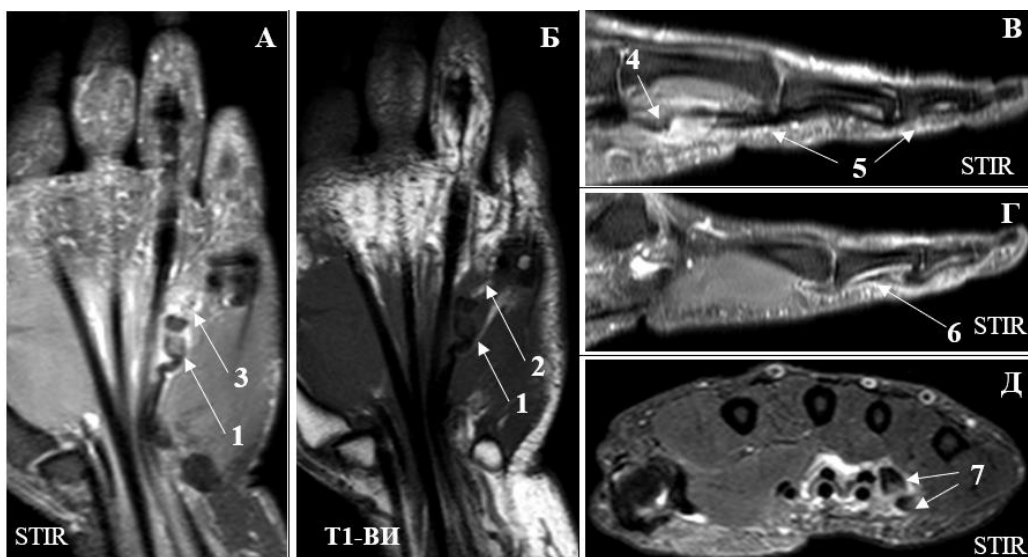


Рис. 4. Пациент 1: А, Б – фронтальные срезы; В, Г – сагиттальный срез; Д – аксиальный срез

Полученные в ходе исследования данные о возможностях МРТ с напряжением магнитного поля 1,5 Тл, до этого не формулировались в литературе, а отдельные сведения о применении МРТ в изучении анатомии сухожилий и диагностике их повреждений единичны, разобщены и носят характер описания конкретных клинических примеров. Как показано, сухожилия кисти имеют в норме гипоинтенсивный сигнал, фронтальный диаметр их преобладает над сагиттальным. Контуры их параллельны или незначительно вогнуты навстречу друг другу. Сагиттальный размер был наибольшим в проксимальных отделах, а в дистальном направлении постепенно уменьшался, достигая минимальных значений в зоне энтезиса, фронтальный размер и площадь их поперечного сечения, напротив, увеличивались в направлении энтезиса. Отношение фронтального диаметра к сагиттальному имело минимальные значения в проксимальных отделах сухожилия и постепенно возрастало в дистальном направлении. При сравнении результатов МРТ-анатомометрии с данными секционных анатомических исследований площадь и размеры поперечного сечения сухожилий оказались сопоставимы, что позволяет говорить о высокой точности МРТ и возможности ее применения в диагностике травм сухожилий, за исключением сухожилий кисти на уровне пальцев, видеть и измерить которые достаточно сложно из-за низкой их визуализации на МРТ мощностью 1,5 Тл. В связи с этим 1,5-тесловую МРТ нельзя считать достоверным и точным методом диагностики их повреждений во 2-й и 1-й зонах. При толщине среза и шаге сканирования 3,0 мм на одном фронтальном срезе проследить все сухожилия кисти от их начала и до энтезиса и каждое в отдельности невозможно в связи с их разноглубоким, волнообразным ходом, затрудняющим оценку их структуры и топографии. Дифференцировать сухожилия поверхностного и глубокого сгибателей и проследить границу между ними достаточно сложно, они полностью соосны. В сагиттальной плоскости имеются

те же сложности визуализации, связанные с косым дивергентным ходом сухожилий, что может быть причиной неверной трактовки результатов исследования. Различить сухожилия между собой и избежать ошибок помогает синхронный просмотр их в трех плоскостях.

Впервые описано, что сухожилия сгибателей в направлении к карпальному каналу, на его протяжении и на выходе из него совершают частичную обратимую ротацию, обеспечивающую их более компактное расположение в канале, а возможно, и оптимальное функционирование, увеличивая передачу усилия мышц на пальцы. Упомянувшийся С. Elsner с соавт. [6] возможный перекрест сухожилий поверхностных сгибателей 3-го и 2-го пальцев над уровне предплечья нашел подтверждение в данном исследовании.

Нет в научных источниках и сведений об особенностях МРТ-анатомии сухожилий кисти в месте их энтезисов. Установлено, что в 1-й зоне дистальная часть их несколько расширялась и прикреплялась плоским растяжением по всей ширине основания дистальной фаланги, в аксиальной проекции повторяя контуры кости в месте прикрепления. В сагиттальной плоскости сухожилия глубоких сгибателей во всех наблюдениях прикреплялись к ногтевым фалангам по волярной поверхности, на границе проксимальной и средней трети, или непосредственно к их основанию, а разгибателей – только у основания фаланг.

Визуализация сухожилий разгибателей кисти имеет ряд объективных трудностей. Малый диаметр, тонкость, плотное прилегание к костям, сложный рельеф их, разрешающая способность оборудования и большой шаг сканирования не позволяют детально оценить их анатомию. В сагиттальной плоскости сухожилия разгибателей пальцев кисти на всем протяжении тесно прилежали к костям, повторяя их рельеф. В большинстве наблюдений деление поверхностного сгибателя на ножки видно не отчетливо, а дистальнее перекреста их сложно дифференцировать.

При повреждениях уже в первые сутки происходят изменения рельефа, размеров и топографии сухожилия. Эти изменения, как оказалось, многогранны, динамичны во времени. Размеры и площадь поперечного сечения культей увеличивались, сигнал их менялся на изоили гиперинтенсивный, по протяженности которого можно судить о протяженности зоны отека и разволокнения их концов. На аксиальных срезах культей обретали округлые черты, соотношение сагиттального и фронтального размеров менялось в пользу сагиттального, пространство между культями заполнено вначале геморрагическим, а затем серозным экссудатом. При застарелых повреждениях концы культей оставались расширенными, деформированы, сигнал от них менялся на изоинтенсивный, толщина их становилась меньше в сравнении со свежими повреждениями, но все же остается больше нормы. Пространство между культями заполнялось экссудатом. Происходило сужение полости костно-фиброзных каналов пальцев кисти, что делает невозможным сближение культей сухожилия и прямой шов

их между собой, а восстановление непрерывности его становится возможным только при предварительной реконструкции канала с применением пластики сухожилия. По этой причине оперативное лечение должно быть проведено как можно раньше после получения травмы.

### **Заключение**

1. В норме сухожилия кисти во всех режимах имеют гипоинтенсивный гомогенный сигнал и черный цвет, визуализировать сухожилия на всем протяжении на одном срезе невозможно, что затрудняет оценку их МРТ-анатомии и может служить причиной диагностических ошибок.

2. Сухожилия сгибателей пальцев кисти совершают частичную ротацию, обеспечивающую их оптимальное функционирование. Восстановление утраченной вследствие повреждения ротации необходимо учитывать в ходе тенорафии, добиваясь их анатомичного восстановления, что, возможно, определяет сохранение их функции. Перекрест сухожилий поверхностных сгибателей 3-го и 2-го пальцев над уровнем лучезапястного сустава может иметь клиническое значение и учитываться при проведении диагностических и хирургических манипуляций на сухожилиях.

3. Учитывая сложности диагностики травм сухожилий кисти рекомендованы: синхронный просмотр томограмм в трех плоскостях, по возможности использование МРТ-оборудования мощностью 3,0 Тл, с шагом сканирования и толщиной среза менее 3,0 мм. Сагиттальные и фронтальные срезы позволяют оценить наличие разрыва и размер диастаза, аксиальный срез – изменения структуры сухожилия. С целью более точной диагностики использовать разные режимы визуализации: режимы T2-ВИ и жироподавления позволяют с высокой точностью визуализировать экссудат, повышение интенсивности сигнала по ходу сухожилия, а T1-ВИ – геморрагическое содержимое и потерю сухожилием нормальной гипоинтенсивности. Режим жироподавления визуализирует изменения в культях сухожилия, увеличение их диаметра, прерывистость и расслоение пучков, свободную жидкость в зоне разрыва и отек парасухожильных тканей.

4. МРТ-критериями травм сухожилий следует считать изменения их рельефа и топографии, двояковыпуклые контуры, прерывание гипоинтенсивного сигнала, смена его ближе к месту разрыва на изо- или гиперинтенсивный, увеличение диаметра культей, их булавовидное или веретенновидное утолщение, наличие экссудата в зоне повреждения. Давность травмы, уровень повреждения, состояние культей сухожилия, размер диастаза, оцененные на основании МРТ-исследования, следует учитывать при планировании хирургического лечения повреждений сухожилий.

5. При отсутствии оперативного лечения, в отдаленном периоде травмы по данным МРТ развиваются вторичные изменения в прилежащих к поврежденному сухожилию



структурах, нарастают мышечная ретракция и диастаз, костно-фиброзные каналы подвергаются рестрикции, что значительно усложняет хирургическое лечение и ухудшает его исходы.

### Список литературы

1. Мухамедкерим К.Б., Турдалиева Б.С., Мурадов М.И., Казантаев К.Е., Кошкарбаев Д.Ж. Организация микрохирургической помощи больным с травмой кисти и пальцев // Фармация Казахстана. 2022. № 3. С. 84–89.
2. Campbell E., Pillai S., Vamadeva S.V., Pahal G.S. Hand tendon injuries // Br J. Hosp Med (Lond). 2020 Nov 2. 81 (11). P. 1–14. DOI: 10.12968/hmed.2020.0141.
3. Annison D., McVie J. BET 1: Best Evidence Topic Report: is the hook test sensitive enough to be used to exclude distal biceps tendon rupture? // Emerg Med J. 2021 Jan. 38 (1). P. 78–79. DOI: 10.1136/emered-2020-211011.2.
4. Merritt W.H., Wong A.L., Lalonde D.H. Recent developments are changing extensor tendon management // Plast Reconstr Surg. 2020. № 145 (3). P. 617e–628e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000006556.
5. Каган И.И., Ивлев В.В., Гурьянов А.М. Различия и закономерности макромикроскопического строения сухожилий конечностей // Журнал анатомии и гистопатологии. 2022. Т. 11. № 1. С. 36–43.
6. Elsner C., Kunz A.S., Wagner N., Huflage H., Hübner S., Luetkens K.S., Bley T.A., Schmitt R., Ergün S., Grunz J-P. MRI-Based evaluation of the flexor digitorum superficialis anatomy: investigating the prevalence and morphometry of the «chiasma antebrachia» // Diagnostics (Basel). 2023. № 13 (14). P. 2406. DOI: 10.3390/diagnostics13142406.