

Патологический континуум при пояснично-крестцовых лигаментозах: сопоставление данных сонографических и гистологических исследований

© А. М. Юрковский

УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Республика Беларусь

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: разработать сонографические критерии, позволяющие определить стадию патологического континуума при пояснично-крестцовых лигаментозах.

Материал и методы. Проведено сопоставление данных сонографии с результатами морфологических исследований образцов подвздошно-поясничных, задних длинных крестцово-подвздошных и крестцово-бугорных связок у 100 трупов. Возрастной диапазон исследованных субъектов — 25–90 лет. Среди них было 64 мужчины (средний возраст — $62,4 \pm 11,8$ года) и 36 женщин (средний возраст — $58,8 \pm 15,1$ года). Сонография образцов связок осуществлялась в В-режиме с использованием технологии Multi-Slice View (ультразвуковой сканер Voluson 730 Expert и Toshiba Aplio XG, частоты сканирования — 16–18 МГц).

Результаты. Определен сонографический паттерн, присущий стадии адаптивных изменений, стадии потенциально обратимых изменений и стадии необратимых изменений.

Заключение. Сонография может применяться для достаточно точной оценки стадии патологического континуума при пояснично-крестцовых лигаментозах.

Ключевые слова: подвздошно-поясничная связка, задняя длинная крестцово-подвздошная связка, крестцово-бугорная связка, гистопатологические изменения, боль в нижней части спины.

Вклад автора: Юрковский А.М.: концепция и дизайн исследования, сбор материала и создание базы данных, редактирование, обсуждение данных, обзор публикаций по теме статьи, проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Юрковский АМ. Патологический континуум при пояснично-крестцовых лигаментозах: сопоставление данных сонографических и гистологических исследований. *Проблемы здоровья и экологии.* 2020;4:57–65.

Pathologic continuum in lumbosacral ligamentosis: comparison of sonographic and histologic data

© Alexei M. Yurkovskiy

Gomel State Medical University, Gomel, Republic of Belarus

ABSTRACT

Objective: to establish sonographic criteria allowing determining the stage of the pathologic continuum in lumbosacral ligamentosis.

Material and methods. The sonographic data were compared with the results of the morphological studies of the samples of the iliolumbar ligaments, long dorsal sacroiliac ligaments, and sacrotuberous ligaments in 100 corpses. The age range of the studied subjects was 25–90 years. Among them, there were 64 men (average age 62.4 ± 11.8 years) and 36 women (average age 58.8 ± 15.1 years). Sonography of the ligament samples was performed in B-mode and using Multi-Slice View technology (Voluson 730 Expert and Toshiba Aplio XG ultrasound scanner, scanning frequency — 16–18 MHz).

Results. A sonographic pattern inherent in the stage of adaptive changes, the stage of potentially reversible changes, and the stage of irreversible changes has been determined.

Conclusion. Sonography can be used for a sufficiently accurate assessment of the stage of the pathologic continuum in lumbosacral ligamentosis.

Key words: iliolumbar ligament, long dorsal sacroiliac ligament, sacrotuberous ligament, histopathologic changes, low back pain.

Author contributions: research concept and design, collecting material and creating a database, editing, discussing data, reviewing publications on the topic of the article, checking critical content, approving the manuscript for publication.

Conflict of interests: author declares no conflict of interest.

Funding: study conducted without sponsorship.

FOR CITATION:

Yurkovskiy AM. Pathologic continuum in lumbosacral ligamentosis: comparison of sonographic and histological data. *Health and ecology Issues*. 2020;4:57–65. (In Russ.)

Введение

Согласно данным рандомизированных исследований, удельный вес патологии связок в структуре возможных причин синдрома боли в нижней части спины (синдрома БНЧС) достигает 46,9 % [1]. При этом риск возникновения указанного синдрома зависит от выраженности имеющихся в связках (на момент перегрузки) пояснично-крестцового отдела позвоночника «фоновых» дистрофических изменений (лигаментоза) [2], а исход — от стадии патологического континуума [3].

Отсюда и необходимость в разработке критериев, которые бы позволили определять стадию патологического континуума и, соответственно, выбирать адекватную тактику ведения пациентов с лигамент-индуцированным синдромом БНЧС. Наиболее удобным вариантом решения этой проблемы является сопоставление данных морфологических и сонографических исследований.

Цель исследования

Разработать сонографические критерии, позволяющие определить стадию патологического континуума при пояснично-крестцовых лигаментозах.

Материал и методы

Проведено сопоставление данных сонографии с результатами морфологических исследований образцов подвздошно-поясничных связок (ППС), задних длинных крестцово-подвздошных связок (ЗДКПС) и крестцово-бугорных связок (КБС) у 100 трупов. Возрастной диапазон исследованных субъектов — 25–90 лет. Среди них было 64 мужчины (средний возраст — $62,4 \pm 11,8$ года) и 36 женщин (средний возраст — $58,8 \pm 15,1$ года).

Сонография: морфометрия и оценка структуры связок осуществлялись при помощи ультразвуковых сканеров Voluson 730 и Toshiba Aplio XG (частоты сканирования — 16–18 МГц, режим сканирования — В-режим с использованием технологии Multi-Slice View). Морфологическая оценка: мор-

фометрия (ППС и КБС — объем/дорсовентральный размер в области дистальной трети, ЗДКПС — толщина в средней трети); гистологическая оценка (стандартная процедура парафиновой проводки, окраска гематоксилин-эозином, ШИК-реакция, окраска по Ван Гизону, микроскопия в проходящем свете на большом увеличении ($\times 400$), оценка выраженности дистрофических изменений по шкале Bonar) [3].

Методы статистического анализа: ROC-анализ (чувствительность, специфичность, индекс Юдена, качество прогностической модели) и определение каппы Кохена (воспроизводимость методики).

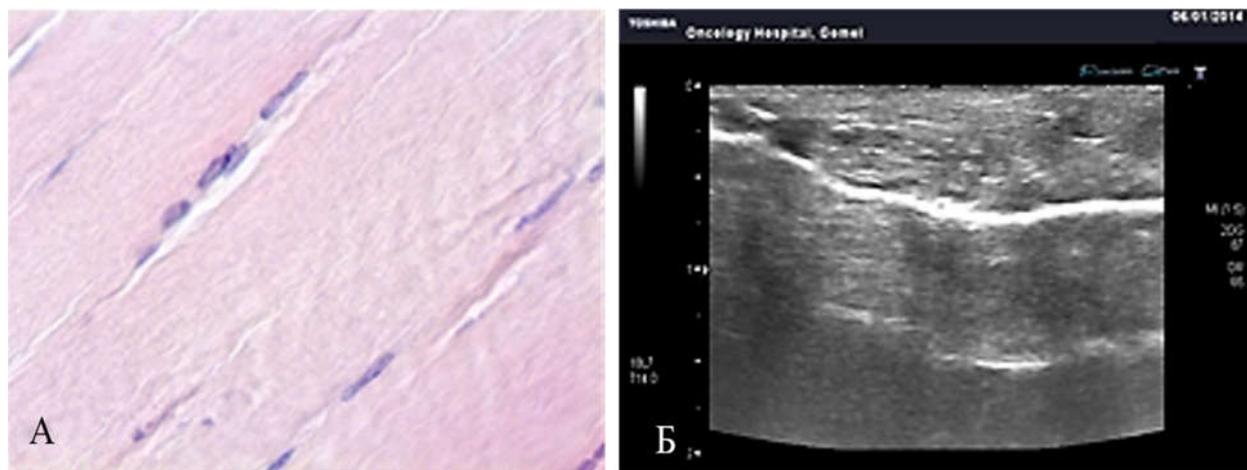
Результаты и обсуждение

Подвздошно-поясничные связки. Изменениям, расцененным как стадия адаптивных изменений [2], соответствовала следующая сонографическая картина: незначительное и относительно равномерное увеличение объема/дорсовентрального размера связки (менее 1/5 относительно контрлатеральной, что согласуется с данными лучевых исследований [4]), фасцикулярный паттерн был не изменен.

Указанному варианту соно-паттерна соответствовали следующие гистологические данные: разделение отдельных волокон с сохранением целостности связки (рисунок 1).

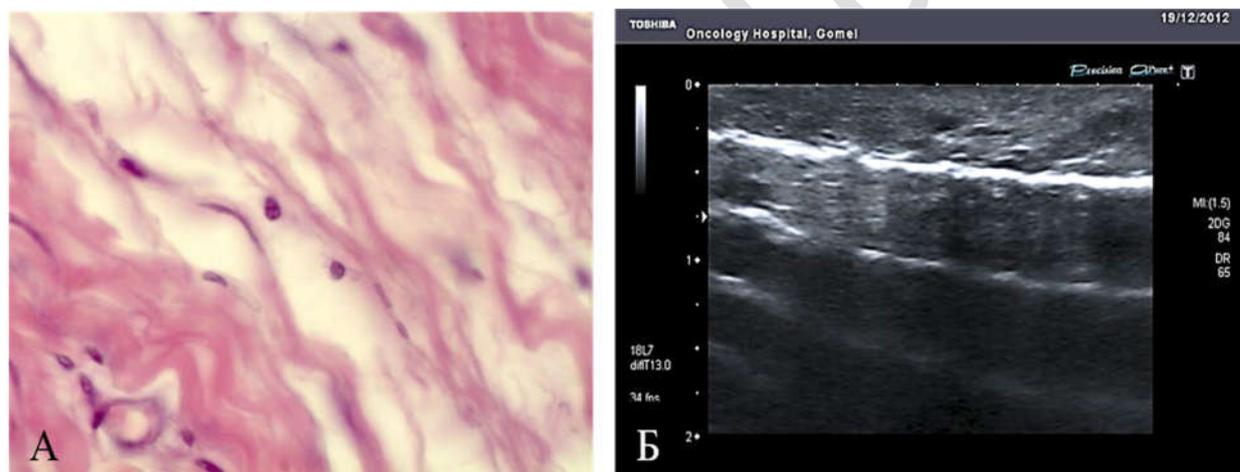
Изменениям, расцененным как стадия потенциально обратимых изменений, соответствовала следующая сонографическая картина: увеличение объема/дорсовентрального размера связки (менее 1/5 относительно контрлатеральной, что согласуется с данными лучевых исследований [4]), фрагментарная дезорганизация фасцикулярного паттерна, участки дистрофии межзубчатого вещества в виде мелких локусов пониженной экзогенности.

Указанному варианту соно-паттерна соответствовали следующие гистологические данные: нарушение структуры коллагеновых волокон и их разделение; округление ядер клеток фибробластического дифферона и наличие видимой цитоплазмы; наличие видимых кровеносных сосудов (1–2 в 10 полях зрения) между волокнами (рисунок 2).



А — микрофотография ППС (оценка 5 баллов по шкале Bonag), окраска гематоксилин-эозином, ув. $\times 400$: немного увеличенные, округляющиеся ядра клеток фибробластического дифферона, определяется малое количество цитоплазмы, разделение отдельных волокон, сохранение четкости их границ;
 Б — сонограмма: неизмененный фасцикулярный паттерн связки

Рисунок 1 — ППС. Гистологические и сонографические сопоставления в стадию адаптивных изменений



А — микрофотография ППС (оценка 7 баллов по шкале Bonag), окраска гематоксилин-эозином, ув. $\times 400$: разделение коллагеновых волокон, округление ядер клеток фибробластического дифферона;
 Б — сонограмма: дезорганизация фасцикулярного паттерна, участки дистрофии межучточного вещества (стрелки)

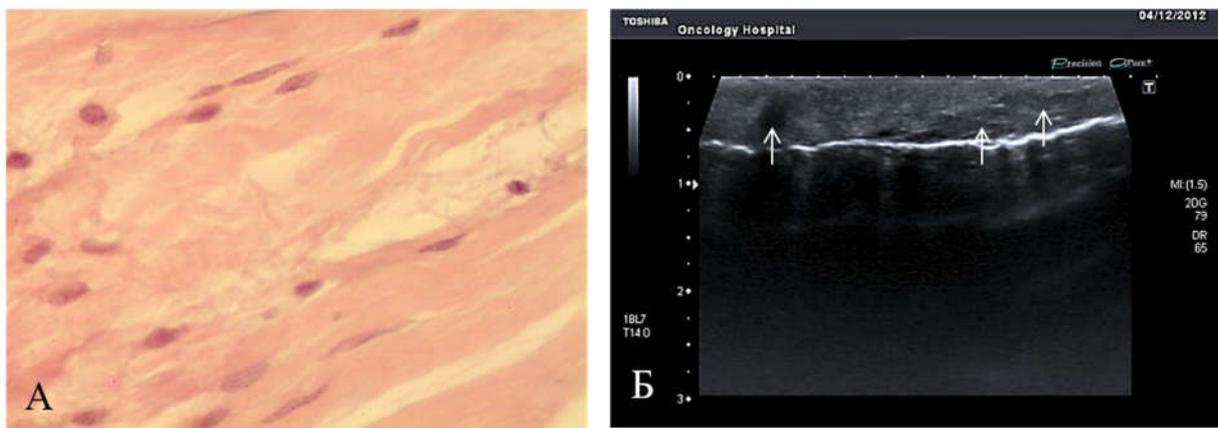
Рисунок 2 — ППС. Гистологические и сонографические сопоставления в стадию потенциально обратимых изменений

Изменениям, расцененным как стадия необратимых изменений соответствовала следующая сонографическая картина: неравномерное увеличение объема/дорсовентрального размера связки (более 1/5 относительно контрлатеральной), дезорганизация фасцикулярного паттерна, дистрофия межучточного вещества в виде единичных крупных или множества мелких локусов пониженной эхогенности.

Указанному варианту соно-паттерна соответствовали следующие гистологические данные: нарушение дифференцировки коллагеновых волокон; уменьшение количества

клеток фибробластического дифферона, округление их ядер и наличие обильной цитоплазмы; наличие видимых кровеносных сосудов (более 2 в 10 полях зрения) между волокнами (рисунок 3).

Оценка прогностической силы модели, разработанной для определения стадии патологического континуума (рисунок 4): при изменениях, характерных для стадии обратимых и необратимых дистрофических изменений — хорошая (AUC — 0,75, 95 % ДИ — 0,53–0,9, $p = 0,006$; индекс Юдена — 0,45); для стадии адаптивных изменений — неудовлетворительная.



А — микрофотография ППС (оценка 9 баллов по шкале Bonar), окраска гематоксилин-эозином, ув. ×400: нарушение дифференцировки волокон, уменьшение количества клеток фибробластического дифферона, округление их ядер; Б — сонограмма: дезорганизация фасцикулярного паттерна, участки дистрофии межпозвоночного вещества (стрелки)

Рисунок 3 — ППС. Гистологические и сонографические сопоставления в стадию необратимых изменений

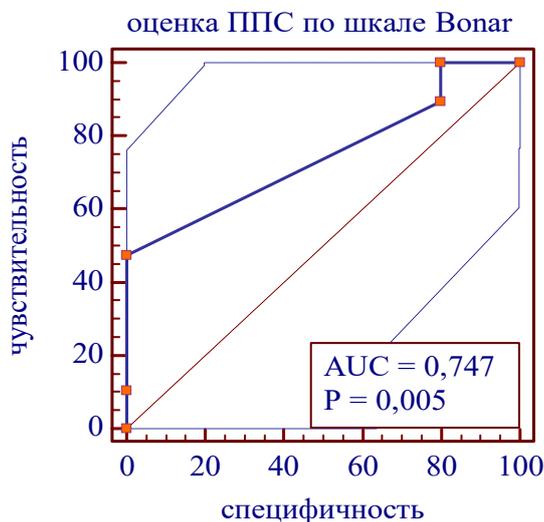


Рисунок 4 — ППС. AUC в стадию обратимых изменений

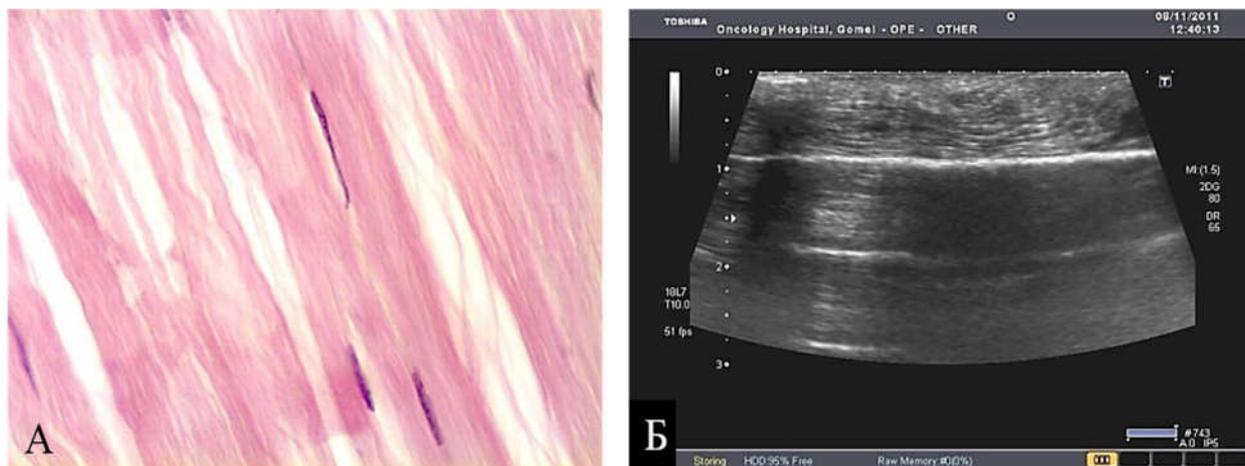
Неудовлетворительное качество прогностической модели в стадию адаптивных изменений, судя по всему, является следствием высокой инцидентности жировой дистрофии у субъектов старше 50 лет (жировая дистрофия способна заметно менять и экзогенность, и экоструктуру ППС).

Задние длинные крестцово-подвздошные связки. Изменениям, расцененным как стадия адаптивных изменений, соответствовала следующая сонографическая картина: незначительное и равномерное увеличение толщины связки (менее 1/5 относительно контрлатеральной, что согласуется с данными других авторов [5]).

Указанному варианту соно-паттерна соответствовали следующие гистологические данные: разделение отдельных волокон с сохранением целостности связки (рисунок 5).

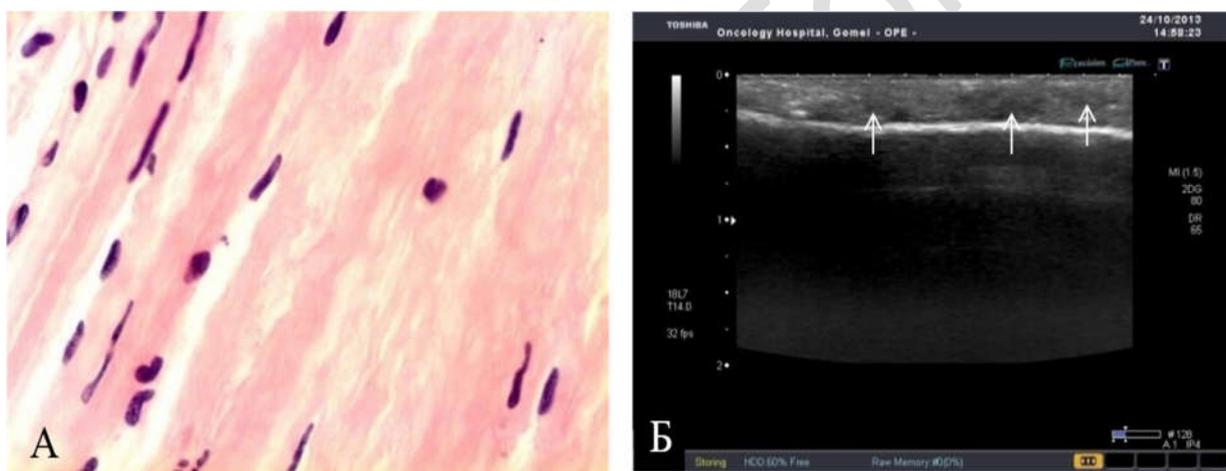
Изменениям, расцененным как стадия потенциально обратимых изменений, соответствовала следующая сонографическая картина: утолщение (преимущественно в средней трети) связки (менее 1/5 относительно контрлатеральной, что согласуется с данными лучевых исследований [4]), фрагментарная дезорганизация фасцикулярного паттерна, мелкие гипозоногенные участки дистрофии межпозвоночного вещества.

Указанному варианту соно-паттерна соответствовали следующие гистологические данные: нарушение дифференцировки коллагеновых волокон и их разделение; округление ядер клеток фибробластического дифферона, наличие видимой цитоплазмы; наличие кровеносных сосудов (1–2 в 10 полях зрения) между волокнами коллагена (рисунок 6).



А — микрофотография ЗДКПС (оценка 6 баллов по шкале Bonar), окраска гематоксилин-эозином, ув. $\times 400$: незначительно увеличенные, округляющиеся ядра клеток фибробластического дифферона, малое количество цитоплазмы, разделение отдельных волокон с сохранением их четкости;
 Б — сонограмма: неизменный фасцикулярный паттерн

Рисунок 5 — ЗДКПС. Гистологические и сонографические сопоставления в стадию адаптивных изменений



А — микрофотография ЗДКПС (оценка 7 баллов по шкале Bonar), окраска гематоксилин-эозином, ув. $\times 400$: разделение коллагеновых волокон, округление ядер клеток фибробластического дифферона;
 Б — сонограмма: дезорганизация фасцикулярного паттерна, мелкие участки дистрофии межучучного вещества (стрелки)

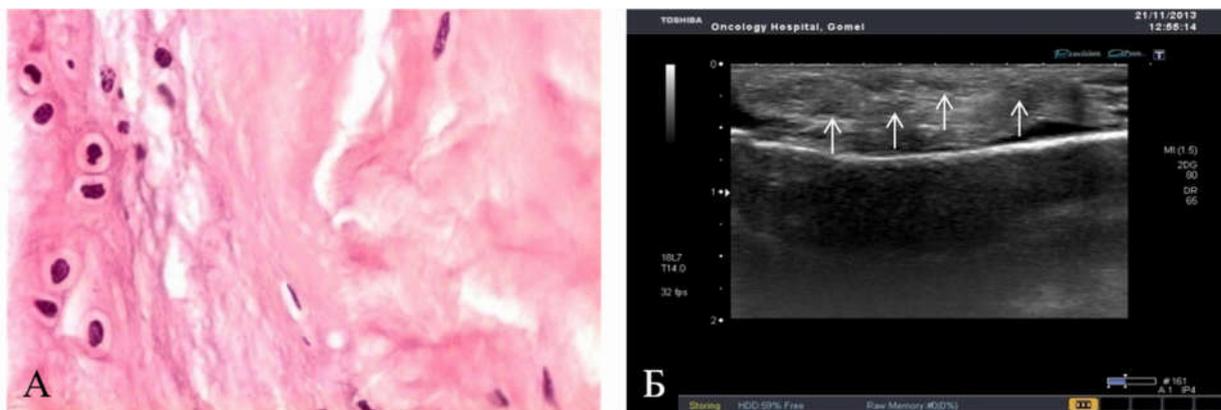
Рисунок 6 — ЗДКПС. Гистологические и сонографические сопоставления в стадию потенциально обратимых изменений

Изменениям, расцененным как стадия необратимых изменений, соответствовала следующая сонографическая картина: распространенное утолщение связки (менее 1/5 относительно контрлатеральной, что также согласуется с результатами лучевых исследований [4, 5]), распространенная дезорганизация фасцикулярного паттерна, множественные участки дистрофии межучучного вещества пониженной экзогенности.

Указанному варианту соно-паттерна соответствовали следующие гистологические данные: нарушение дифференцировки коллагеновых волокон; уменьшение количества клеток фибробластического

дифферона, округление их ядер и наличие обильной цитоплазмы; наличие видимых кровеносных сосудов (более 2 в 10 полях зрения) между волокнами коллагена (рисунок 7).

Оценка прогностической силы модели, разработанной в результате сопоставлений сонографических и гистологических данных и использованной для определения стадии патологического континуума: в стадию обратимых и необратимых изменений — хорошая (AUC — 0,93, 95 % ДИ — 0,71–0,98, $p = 0,001$; индекс Юдена — 0,83); в стадию адаптивных изменений — средняя (рисунок 8).



А — микрофотография ЗДКПС (оценка 9 баллов по шкале Bonar), окраска гематоксилин-эозином, ув. ×400: нарушение дифференцировки коллагеновых волокон, уменьшение количества клеток фибробластического дифферона, округление их ядер; Б — сонограмма: дезорганизация фасцикулярного паттерна, множественные участки дистрофии межпозвоночного вещества (стрелки)

Рисунок 7 — ЗДКПС. Гистологические и сонографические сопоставления в стадию необратимых изменений

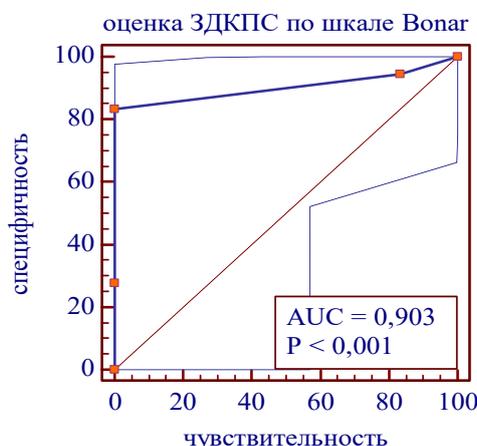


Рисунок 8 — ЗДКПС. AUC в стадию обратимых изменений

Есть основание полагать, что причиной среднего качества прогностической модели в стадию адаптивных изменений являются некоторые особенности ее строения (в средней трети связка состоит из волокон собственно связки, волокон апоневроза мышцы, выпрямляющей спину, волокон апоневроза большой ягодичной мышцы и волокон глубокого фасциального листка) [5, 6].

Все перечисленное может создавать так называемый феномен «слоистости», который может быть ошибочно расценен как признак сохранения фасцикулярного паттерна связки.

Крестцово-бугорные связки. Изменениям, расцененным как стадия адаптивных изменений, соответствовала следующая сонографическая картина: незначительное увеличение дорсовентрального размера связки в области дистальной трети (менее 1/5 относительно контрлатеральной), неизменный фасцикулярный паттерн.

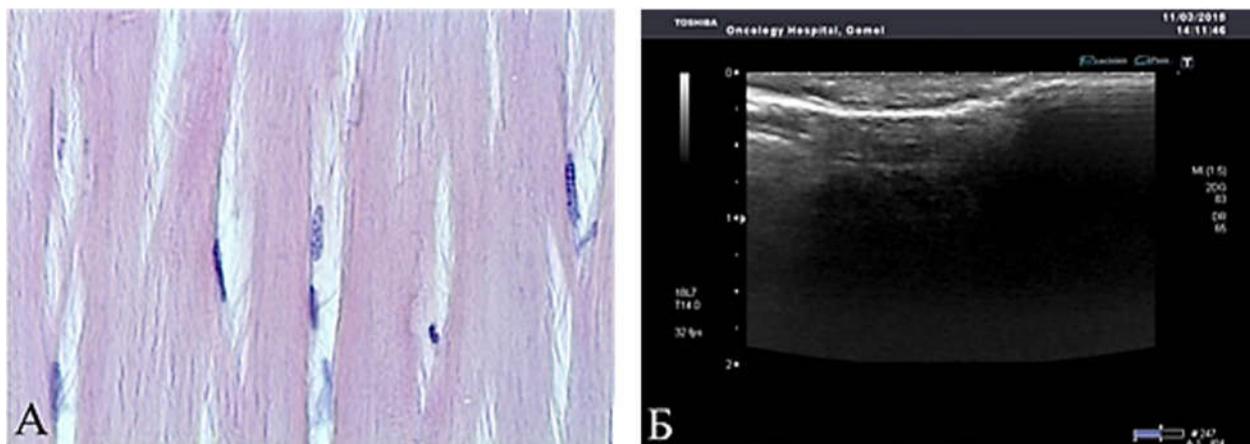
Указанному варианту соно-паттерна соответствовали следующие гистологические данные: разделение отдельных волокон с сохранением целостности связки (рисунок 9).

Изменениям, расцененным как стадия потенциально обратимых изменений, соответствовала следующая сонографическая картина: незначительное фрагментарное увеличение дорсовентрального размера связки в области ее дистального сегмента (менее 1/5 относительно контрлатеральной связки, что также, как и в предыдущих случаях, согласуется с данными лучевых исследований [4]), фрагментарная дезорганизация фасцикулярного паттерна, участки дистрофии межпозвоночного вещества в виде множественных мелких локусов пониженной эхогенности, микрокальцинаты в пределах связки (у субъектов 60 лет и старше).

Указанному варианту соно-паттерна соответствовали следующие гистологические данные: нарушение дифференци-

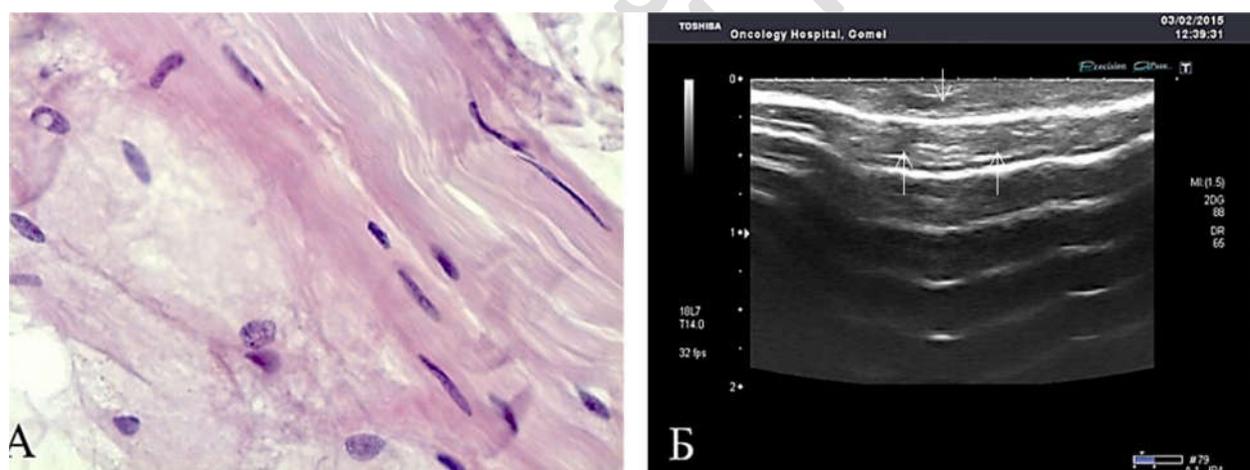
ровки коллагеновых волокон, их разделение; округление ядер клеток фибробластического дифферона и наличие видимой

цитоплазмы; наличие видимых сосудов (1–2 в 10 полях зрения) между волокнами коллагена (рисунок 10).



А — микрофотография КБС (оценка 6 баллов по шкале Bonag), окраска гематоксилин-эозином, ув. ×400: незначительно увеличенные, округляющиеся ядра клеток фибробластического дифферона, малое количество цитоплазмы, разделение отдельных волокон с сохранением их четкости; Б — сонограмма: неизмененный фасцикулярный паттерн

Рисунок 9 — КБС. Гистологические и сонографические сопоставления в стадию адаптивных изменений



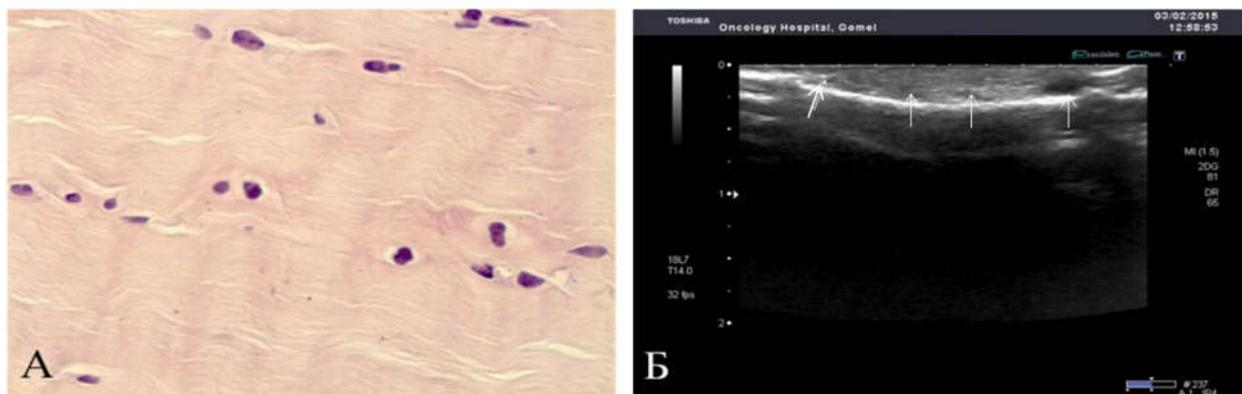
А — микрофотография КБС (оценка 8 баллов по шкале Bonag), окраска гематоксилин-эозином, ув. ×400: разделение коллагеновых волокон, округление ядер клеток фибробластического дифферона; Б — сонограмма: дезорганизация фасцикулярного паттерна, участки дистрофии межучточного вещества (стрелки)

Рисунок 10 — КБС. Гистологические и сонографические сопоставления в стадию потенциально обратимых изменений

Изменениям, расцененным как стадия необратимых изменений, соответствовала следующая сонографическая картина: пространственное увеличение дорсовентрального размера связки в области ее дистального сегмента (более 1/5 относительно контрлатеральной), обширные участки дезорганизации фасцикулярного паттерна, участки дистрофии межучточного вещества в виде множественных мелких (при возраст-ассоциированных изменениях) или же одиночных крупных (при изменениях, вы-

званных функциональной перегрузкой) локусов пониженной эхогенности.

Указанному варианту оценки по шкале Bonag соответствовали следующие гистологические данные: исчезновение дифференцировки коллагеновых волокон, уменьшение количества клеток фибробластического дифферона, округление их ядер и наличие обильной цитоплазмы; наличие видимых кровеносных сосудов (более 2 сосудов в 10 полях зрения) между волокнами коллагена (рисунок 11).



А — микрофотография КБС (оценка 9 баллов по шкале Bonag), окраска гематоксилин-эозином, ув. ×400: исчезновение дифференцировки коллагеновых волокон, уменьшение количества клеток фибробластического дифферона, округление их ядер; Б — сонограмма: распространенная дезорганизация фасцикулярного паттерна, участки дистрофии межзубчатого вещества (тонкие стрелки), микрокальцинат (толстая стрелка)

Рисунок 11 — КБС. Гистологические и сонографические сопоставления в стадию необратимых изменений

Оценки прогностической силы модели, разработанной для определения стадии патологического континуума (рисунок 12): при изменениях, характерных для стадии обратимых и необратимых изменений — хорошая (AUC — 0,83, 95 % ДИ — 0,63–0,95, $p = 0,001$; индекс Юдена — 0,67); при изменениях, характерных для стадии адаптивных изменений — средняя.

Причиной среднего качества прогностической модели в стадию адаптивных изменений КБС, скорее всего, являются особенности ее строения (волокна связки, прежде чем прикрепиться к седалищному бугру, перекручиваются). Как следствие, указанные особенности могут приводить к появлению на сонограммах гипоэхогенных локусов с нечеткими контурами вследствие эффекта анизотропии.

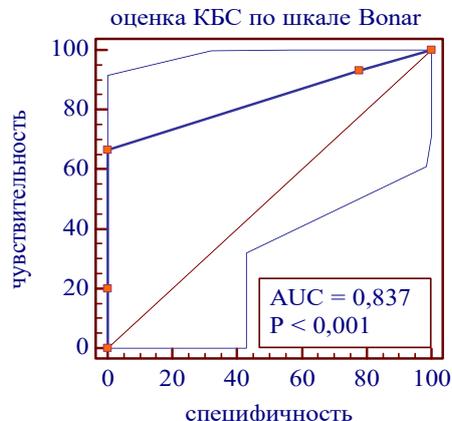


Рисунок 12 — КБС. AUC в стадию обратимых изменений

Выводы

1. Сонография может применяться для достаточно точной оценки стадии патологического континуума при пояснично-крестцовых лигаментозах.
2. Выявляемые при этом в ППС, ЗДКПС и КБС изменения носят однотипный характер.
3. Стадии адаптивных изменений будут соответствовать следующие изменения: незначительное и относительно равномерное увеличение объема и/или дорсовентрального размера связки (менее 1/5 отно-

- сительно контрлатеральной связки), отсутствие участков дезорганизации фасцикулярного паттерна. Данному варианту сонопаттерна соответствуют следующие гистологические изменения: разделение отдельных коллагеновых волокон с сохранением целостности связки (гистологическая оценка по шкале Bonag — 4–6 баллов).
4. Стадии обратимых изменений будут соответствовать следующие изменения: незначительное увеличение объема и/или дорсовентрального размера связки (менее 1/5 относительно сопоставимого сегмента

контралатеральной связки), фрагментарная (ограниченная) дезорганизация фасцикулярного паттерна, наличие участков дистрофии межпозвоночного вещества в виде мелких локусов пониженной экзогенности, локальный остеопороз в области энтеза. Данному варианту соно-паттерна соответствуют следующие гистологические изменения: нарушение дифференцировки коллагеновых волокон, их разделение, округление ядер клеток фибробластического дифферона, наличие видимой цитоплазмы и кровеносных сосудов (1–2 в 10 полях зрения) между волокнами (гистологическая оценка по шкале Bonar — 7–8 баллов).

Стадии необратимых изменений будут соответствовать следующие изменения: распространенное увеличение объема и/или дорсовентрального размера связки (более 1/5 либо относительно сопоставимого сегмента контралатеральной связки), распространенная (обширные участки) дезорганизация фасцикулярного паттерна, наличие участков дистрофии межпозвоночного вещества в виде крупных одиночных или множества мелких локусов пониженной экзогенности, выраженный локальный остеопороз, остеосклероз и/или периостальная реакция. Данному варианту соно-паттерна соответствуют следующие гистологические данные: исчезновение дифференцировки коллагеновых волокон, уменьшение количества клеток фибробластического дифферона, округление их ядер и наличие обильной цитоплазмы; наличие кровеносных сосудов (более 2 в 10 полях зрения) между волокнами (гистологическая оценка по шкале Bonar ≥ 9 баллов).

ЛИТЕРАТУРА

1. Cook CE, Learman KE, O'Halloran BJ, Showalter CR, Kabbaz VJ, Goode AP, Wright AA. Which prognostic factors for low back pain are generic predictors of outcome across a range of recovery do-

mains? *Phys. Ther.* 2013;93(1):32-40. doi: 10.2522/ptj.20120216

2. Yurkovskiy AM, Achinovich SL. Differential diagnostics of age-related dystrophic changes and changes arising from functional overuse in lumbosacral ligaments. *Проблемы Здоровья и Экологии.* 2019;61(3):76-79.
3. Юрковский АМ. Есть ли патологический континуум при повреждениях подвздошно-поясничной связки? *Проблемы Здоровья и Экологии.* 2012; 34(4):27-32.
4. Юрковский АМ. Комплексная лучевая диагностика лигаментозов при синдроме боли в нижней части спины. *Мед. Новости.* 2019;8:50-54.
5. Михайлов АН, Назаренко ИВ. Лучевая диагностика лигаментоза задней длинной крестцово-подвздошной связки. *Новости Мед.-Биол. Наук.* 2019;19(1):74-80.
6. Назаренко, И. В. Лигаментоз задней длинной крестцово-подвздошной связки: нерешенные вопросы лучевой диагностики. *Проблемы Здоровья и Экологии.* 2017;52(2):4-7.

REFERENCES

1. Cook CE, Learman KE, O'Halloran BJ, Showalter CR, Kabbaz VJ, Goode AP, Wright AA. Which prognostic factors for low back pain are generic predictors of outcome across a range of recovery domains? *Phys. Ther.* 2013;93(1):32-40. doi: 10.2522/ptj.20120216.
2. Yurkovskiy AM. Est li patologicheskij kontinuum pri povrezhdeniyah podvzdoshno-poyasnichnoj svyazki? *Problemy Zdorovya i Ekologii.* 2012;4(34):27-32.
3. Yurkovskiy AM, Achinovich SL. Differential diagnostics of age-related dystrophic changes and changes arising from functional overuse in lumbosacral ligaments. *Problemy Zdorov'ya i Ekologii.* 2019;61(3):76-79. (in Russ.)
4. Yurkovskiy AM. Kompleksnaya lucheovaya diagnostika ligamentozov pri syndrome boli v nizhnej chasti spiny. *Med. Novosti.* 2019;8:50-54. (in Russ.)
5. Mikhajlov AN, Nazarenko IV. Luchevaya diagnostika ligamentozazadnej dlinnoj krestczovo-podvzdoshnoj svyazki. *Novosti Med.-Biol. Nauk.* 2019;19(1):74-80. (in Russ.)
6. Nazarenko IV. Ligamentoz zadnej dlinnoj krestczovo-podvzdoshnoj svyazki: nereshenny'e voprosy luchevoj diagnostiki. *Problemy Zdorov'ya i Ekologii.* 2017;2(52):4-7. (in Russ.)

Поступила 23.09.2020

Received 23.09.2020

Принята в печать 22.12.2020

Accepted 22.12.2020

Сведения об авторах:

Юрковский Алексей Михайлович — к.м.н., доцент кафедры внутренних болезней № 3 с курсом лучевой диагностики УО «Гомельский государственный медицинский университет»; e-mail: yurkovsky@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0808-183X>

Автор, ответственный за переписку:

Юрковский Алексей Михайлович — e-mail: yurkovsky@mail.ru

Information about authors:

Alexei M. Yurkovskiy — Candidate of Medical Science, Associate Professor at the Department of Internal Diseases No.3 with the course of Radiation Diagnostics of the EI «Gomel State Medical University»; e-mail: yurkovsky@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0808-183X>

Corresponding author:

Alixai M. Yurkovskiy — e-mail: yurkovsky@mail.ru