

DOI: <http://doi.org/10.17816/2313-8726-2021-8-4-199-206>

Научный обзор



СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ФАСЦИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТАЗОВОГО ДНА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

И.И. Мусин, А.Г. Ящук, Р.А. Казихинуров, А.Р. Молоканова, С.Ю. Максимова

Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Фасции тазового дна у женщин привлекают внимание врачей акушеров-гинекологов, проктологов и реабилитологов из-за их возможной роли в развитии пролапса органов малого таза и появлении тазовой боли. Разработка и усовершенствование новых хирургических техник реконструкции тазового дна влекут за собой более углубленное исследование известных ранее подходов. Например, актуальное использование фасциальных лоскутов в пластической и реконструктивной хирургии представляет особый интерес для более детального исследования фасциальной ткани. Это вызывает необходимость в точном определении и знании структуры фасций и их вариаций. Кроме того, знания о фасциальной структуре тазовой диафрагмы также лежат в основе таких хирургических методов лечения пролапса, как установка сетчатых протезов при реконструкции тазового дна и отсутствии альтернативных методов коррекции. Учитывая множество осложнений, в первую очередь послеоперационную боль, более углубленное изучение фасциальной анатомии тазового дна может помочь уменьшить число этих неблагоприятных исходов. Приведенные в учебниках и учебных пособиях морфологические и физиологические характеристики фасций промежности носят описательный характер и далеки от потребностей повседневной практики врачей акушеров-гинекологов при подборе метода хирургической коррекции пролапса гениталий. Данная работа представляет собой обзор литературы, составленный из источников электронной национальной библиографической базы данных научного цитирования РИНЦ и англоязычной текстовой базы данных медицинских и биологических публикаций PubMed, созданной Национальным центром биотехнологической информации США. Для поиска данных использовались такие ключевые запросы, как «фасция», «тазовое дно», «анатомия тазового дна», «мочеполовая диафрагма», «хроническая тазовая боль», как индивидуально, так и в совокупности.

Ключевые слова: фасция; эпимизий; гиалуроновая кислота; фиброз.

Как цитировать:

Мусин И.И., Ящук А.Г., Казихинуров Р.А., Молоканова А.Р., Максимова С.Ю. Современные аспекты фасциальной структуры тазового дна (обзор литературы) // Архив акушерства и гинекологии им. В.Ф. Снегирёва. 2021. Т. 8, № 4. С. 199–206. doi: 10.17816/2313-8726-2021-8-4-199-206

DOI: <http://doi.org/10.17816/2313-8726-2021-8-4-199-206>

Review

MODERN ASPECTS OF THE FASCIAL STRUCTURE OF THE PELVIC FLOOR (LITERATURE REVIEW)

Il'nur I. Musin, Al'fiya G. Yashchuk, Rustem A. Kazikhinurov, Anzhella R. Molokanova, Serafima Yu. Maksimova

Bashkir State Medical University, Ufa, Russian Federation

ABSTRACT

The pelvic floor fascia in women has attracted the attention of obstetricians-gynecologists, proctologists and rehabilitologists due to their possible role in the development of pelvic organ prolapse and the appearance of pelvic pain. The development and improvement of new surgical techniques entails a comprehensive study of previously known approaches. For instance, regarding fascial tissues, studying the actual use of fascial flaps in plastic and reconstructive surgeries is of particular interest. This necessitates an accurate definition of and knowledge about structure of the fascia and their variations. In addition, knowledge of the fascial structure of surgical methods for treating prolapse, such as the installation of mesh prostheses in the reconstruction of the pelvic floor in the absence of alternative methods of correction. Primarily postoperative pain, a more in-depth study of the fascial anatomy of the pelvic floor can help reduce these adverse outcomes. The morphological and physiological characteristics of the perineal fascia presented in the teaching materials and teaching aids are not descriptive in nature and are far from the descriptive practice of obstetricians-gynecologists in the selection of methods for surgical correction of genital prolapse. This work is a literature review compiled from the sources of the electronic national bibliographic database of scientific citation of the Russian Science Citation Index and the English-language text database of medical and biological publications PubMed, created by the National Center for Biotechnological Information of the USA. To search for data, such key queries as "fascia", "pelvic floor", "pelvic floor anatomy", "genitourinary diaphragm", "chronic pelvic pain" were used, both individually and collectively.

Keywords: fascia; epimysia; hyaluronic acid; fibrosis.

To cite this article:

Musin II, Yashchuk AG, Kazikhinurov RA, Molokanova AR, Maksimova SYu. Modern aspects of the fascial structure of the pelvic floor (literature review). *V.F. Snegirev Archives of Obstetrics and Gynecology*. 2021;8(4):199–206. (In Russ). doi: 10.17816/2313-8726-2021-8-4-199-206

Received: 06.06.2021

Accepted: 11.08.2021

Published: 25.12.2021

Окружающая соединительная ткань активно участвует не только в поддержании, но и в заживлении и восстановлении нижележащих органов [1, 2]. Глубокая фасция — это волокнистый слой, покрывающий мышечные пучки. Можно выделить два различных типа глубокой фасции: апоневротическую и эпимизиальную. К первому типу относятся, например, фасции конечностей и грудно-поясничной области. Вторым типичен для глубоких фасций туловища, а также большой грудной мышцы, трапециевидной, дельтовидной и большой ягодичной мышц. Эпимизиальная фасция состоит из тонкого коллагенового слоя средней толщины 150–200 мкм, плотно соединённого с нижележащими мышцами многочисленными волокнистыми перегородками, которые берут начало от внутренней стороны фасции и проникают в мышцу. Из-за таких особенностей невозможно отделить эпимизиальную фасцию от мышц. По этой причине данная фасция исследуется только в сочетании с сопутствующей ей мышцей. Под глубокой фасцией мышцы свободно скользят благодаря своему эпимизию и гиалуроновой кислоте (ГК), присутствующей между глубокой фасцией и самим эпимизием. G. Wavreille и соавт. показали, что глубокая апоневротическая фасция хорошо васкуляризирована [3]. В частности, авторы выявили в плечевой фасции богатую сосудистую сеть, расположенную строго между глубоким и поверхностным слоями фасции. Внутренний диаметр этих мелких артерий соответствует 0,3–0,5 мм. Эти же исследователи нашли много анастомозов между различными артериолами и обильной венозной сетью [3, 4].

Если ягодичная мышца сокращается в месте её вхождения в глубокую фасцию, она позволяет ей растягиваться. Широкая фасция передает эти силы вдоль илиотибиальной полосы в продольном направлении, обеспечивая натяжение вдоль переднебоковой части фасции голени и переднего коленного отростка. Напротив, та же широкая фасция способна адаптироваться во время сокращения четырехглавой мышцы, позволяя сокращаться мышце в поперечном направлении. Если фасция теряет эту приспособляемость, лежащая под ней мышца не может правильно сокращаться [5].

Более 4% всех коллагеновых волокон ориентированы в направлении нагрузки, поэтому на каждое увеличение приложенного напряжения фасция отвечает соответствующим увеличением напряжения. Физический разрыв волокон возникает при номинальной деформации около 12%. Считается, что деформация до 4% является физиологической. Это позволяет изменять объём мышц во время их расслабления и сокращения. При деформации до 4% фасция достаточно эластична и, таким образом, находится в идеальном состоянии для передачи сил мышце на расстоянии. Недавние исследования показали, что глубокая фасция богата ГК, которая присутствует не только в глубокой фасции, но и в слоях окружающих мышц [6, 7].

Учитывая понимание сложной структуры глубоких фасций, проведённые исследования доказали, что они могут

подвергаться по крайней мере двум различным видам изменений: повреждению рыхлого компонента, влияющего на систему скольжения между различными слоями, и повреждению волокнистого компонента, влияющего на способность передачи нагрузки. Работа Н.М. Langevin и соавт. [8] акцентирует внимание на скользящей способности плотных слоёв, которая является прямым следствием сдвиговой деформации, возникающей в промежуточном рыхлом соединительнотканном слое. Авторы предлагают использовать ультразвуковое исследование для оценки глубоких фасций в клинической практике. Толщина фасции грудно-ключично-сосцевидной мышцы (ГКСМ) более 1,5 мм может рассматриваться как предельное значение для диагностики миофасциального заболевания ГКСМ у пациентов. Кроме того, это исследование предполагает, что изменения толщины фасции коррелируют с увеличением в ней количества рыхлой соединительной ткани, но не плотной соединительной ткани.

Повышенная вязкость рыхлой соединительной ткани внутри фасции может вызвать снижение скольжения между слоями коллагеновых волокон глубоких фасций. Это может восприниматься как увеличение фасциальной жёсткости.

ГК также является тиксотропной. Это означает, что её вязкость снижается при любых нагрузках. Это определяет деформационные состояния и то, что пребывание в покое позволяет ГК вернуться в более вязкое состояние.

Экспериментальная проверка показала, что полоски глубокой фасции шириной 1 см могут иметь предел прочности при растяжении более 390 Н [9]. Кроме того, предел прочности связан с мышечной массой и максимальной силой сокращения мышцы. Этот факт позволяет предположить, что глубокие фасции работают как сухожилия, передавая силу от одного сегмента мышцы к другому. Например, сокращение большой ягодичной мышцы растянет широкую фасцию до точки, в которую она входит. Затем латеральная фасция передает эту силу в продольном направлении вдоль илиотибиальной полосы, распространяя напряжение на переднебоковую часть фасции голени и переднюю коленную сетчатку.

Исследования P.E. Arkkila и соавт. [10] демонстрируют, что у людей с сахарным диабетом наблюдается повышенный синтез коллагена III и IV типа, отражающий структуру матрикса и базальных мембран соединительной ткани. Одновременно у данных пациентов происходит снижение синтеза коллагена I типа, что может привести к ослаблению целостности сосудов, особенно у больных с ретинопатией. Реакция неферментативного гликирования коллагена была тщательно изучена на предмет её влияния на развитие отдалённых диабетических осложнений в глазах, почках, периферических нервах и сосудах.

A.C. Duffin и соавт. [11] показали, что у пациентов с диабетом 1-го типа подошвенная фасция значительно толще, чем у пациентов контрольной группы без диабета. Это имеет важное значение при изучении фиброзного

процесса в межфасциальных пространствах, влияющего на скольжение между двумя соседними волокнистыми слоями фасции. Анатомические особенности глубоких фасций связаны с различными патологическими изменениями. Если наблюдаются изменения только рыхлой соединительной ткани, используется термин «фасциальное уплотнение». Если имеются патологические изменения коллагеновых волокнистых пучков — употребляют термин «фасциальный фиброз». Хроническое уплотнение фасции, безусловно, влияет на скольжение между двумя соседними волокнистыми слоями, что может изменить распределение воздействующих сил внутри волокнистых слоев.

Предполагается несколько возможностей профилактики уплотнения и фиброза фасциальных тканей:

1. Диета и физические упражнения, которые вызывают изменение рыхлой соединительной ткани внутри глубокой фасции за счёт чрезмерного напряжения, ведут к уплотнению фасции. Эти изменения легко обратимы, потому что мы можем изменить механические свойства внутриклеточного матрикса, увеличив температуру или локальную деформацию с помощью контролируемого механического стимула.

2. Травма, хирургия и диабет могут изменить слои глубоких фасций, вызывая фасциальный фиброз. Фиброз трудно предотвратить, потому что только местный воспалительный процесс может разрушить патологические коллагеновые волокна и позволить продуцироваться новым. Такой процесс основан на оптимизированной структурной конформации по отношению к локальному механическому воздействию. Только ранняя направленная мобилизация позволяет правильно регенерировать глубокие фасции, чтобы избежать развития фиброза. Хроническое уплотнение изменяет скользящее действие между соседними волокнистыми слоями, что влияет на отложение коллагеновых волокон, даже на участках, отдалённых от первоначального участка уплотнения. Действительно, фасция всегда подвергается ремоделированию в ответ на локальное механическое воздействие, но если пространственное отложение волокон изменяется по отношению к физиологическому, восстановление будет патологическим. При реабилитации в фазе уплотнения желательнее следовать этим принципам, чтобы провести эффективное лечение, получить лучший результат в более короткие сроки и избежать нежелательных последствий [12].

За последнее десятилетие многочисленные исследования были сосредоточены на фасциальной анатомии, в том числе исследования фасций в области шеи [13], подошвенной фасции [14], вастоаддукторной фасции [15] и инфраспинальной фасции [16]. Новая методика изучения фасциальной топографии, сочетающая окрашивание и пластинацию, описана Н. Steinke и соавт. [17]. Под эгидой исследования фасций проведено энергичное и своевременное обсуждение [18]. Карла Штекко осталась ведущим исследователем фасциальной анатомии.

В одной из публикаций она предложила различать два типа брюшной фасции человека — ту, которая инкапсулирует органы, и фасцию инсерционного типа, которая соединяет органы с окружающими тканями [19]. В настоящее время ведутся исследования некоторых рецепторов в фасциальной ткани, таких как ноцицепторы и гормональные рецепторы [20, 21]. Наиболее значимым событием последнего десятилетия было открытие телоцитов в фасции [22], а также открытие клеток, предназначенных для секреции гиалуроновой кислоты в соединительно-тканый матрикс [23] и др.

Первая гипотеза о первичной сосудистой системе — сети микроканалов

В последнее десятилетие появились доказательства того, что сложная система каналов, также известная как первичная сосудистая система, проникает в фасциальную ткань. Сосудистая система *primo* была описана ещё в 1961 году под названием *Bonghan channels*. Однако из-за того, что описанные методы обнаружения были очень неясными и трудно воспроизводимыми, интерес к этим каналам был утрачен в течение нескольких последующих десятилетий. Так как диаметр каналов довольно мал (обычно около 20–50 мкм) и они прозрачные, эти каналы действительно легко пропускаются исследователями. Благодаря современным системам визуализации в последние годы эти каналы были вновь открыты и подтверждены.

В 2010 году они были переименованы в «*primo vascular system*» [24]. Скорее всего, первичные сосудистые каналы идентичны недавно описанным «проводникам». На основе микроскопии описана система малых каналов, которые мигрирующие клетки используют для движения через внеклеточный матрикс [25].

Патомеханическое значение фасциальных дисфункций

Материалы состоявшейся в 2015 году конференции по фасциям, акупунктуре и онкологии обобщены в книге, где выделены области, требующие дальнейшего исследования [26]. В связи с этим одна из самых известных докладчиков этой конференции Мелоди Шварц продолжила свои новаторские исследования взаимодействия раковых опухолей с лимфатической и фасциальной системами [27]. S. Szotek и соавт. провели детальное изучение клеточных компонентов фасции с использованием световой, электронной и конфокальной микроскопии, включая идентификацию телоцитов [28]. Исследования заболеваний и травм, связанных с фасциальной дисфункцией, были сосредоточены на поясничных параспинальных отделах [29], тензорной широкой фасции, большой ягодичной мышце [30] и средостении [31]. Вклад нарушений пояснично-крестцовой фасции в механизм возникновения боли в области поясничного отдела позвоночника продолжает привлекать исследователей. Так, описательный обзор выполнили J. Wilke и соавт. [32].

Надёжное измерение механических свойств фасциальных тканей желательнее проводить с помощью неинвазивных методов. Ультразвуковые методы делают большие шаги в этом направлении. Ультразвук продолжает развиваться как излюбленная технология визуализации и измерения фасции и её реакции на мануальные вмешательства, часто с акцентом на грудопоясничную область [33–36]. Сообщалось также о достижениях в области визуализации мягких тканей при подошвенном фасциите [37]. Надёжность исследований оценили А. Bisi-Balogun и соавт. [38]. Подавляющее большинство публикаций по исследованию фасций по-прежнему посвящены хирургической стратегии и восстановлению, а современная визуализация позволяет оценить процент анатомической вариабельности, которая оказывает огромное влияние на анестезиологические или хирургические процедуры [39]. За последние десятилетия технологии визуализации сделали большой прорыв благодаря более сложным методам исследования. Используется несколько технологий, таких, как рентген, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и многие другие. В отличие от вышеупомянутых технологий, ультразвук имеет большое преимущество в том, что он легкодоступен и не основан на рентгеновской технологии. Прежде всего, ультразвук даёт динамическое изображение и показывает различные структуры в процессе их движения. Проведённые на примере тораколумбальной фасции исследования показали, что ультразвуковая визуализация может обнаружить патологические изменения в процессе скольжения.

Современные аппараты ультразвуковой диагностики высокого разрешения способны работать с частотами до 30 МГц [40]. Сообщается, что при таких частотах возможно осевое и пространственное разрешение менее 0,1 мм, что позволяет отобразить сеть слоёв фасции. Однако благодаря ультразвуку наилучшие изображения могут быть получены на расстоянии до 2–3 см от кожи. Как уже упоминалось во многих исследованиях, ультразвуковые волны, идущие к тканям, ослабляются с расстоянием прохождения. Для визуализации более глубоких структур, например, у людей с ожирением, необходимо использовать более низкие частоты для более глубокого проникновения. Чем ниже частота, тем выше глубина проникновения, но, к сожалению, разрешение уменьшается с уменьшением частоты. Например, частота 10 МГц позволяет визуализировать ткани на глубине 4–5 см, в то время как частота 30 МГц распространяется только на 1 см. Поэтому очень маленькие структуры лучше всего изображаются ультразвуком высокой частоты, но, к сожалению, только в ближнем поле. В частности, мелкие нервы пересекают слои фасции на своём пути к мышцам или коже. Ультразвуковая технология позволяет

визуализировать такие нервы во время их прохождения через слои фасции. Эти маленькие нервы могут быть затронуты при любой травме, такой как операция или ушиб, приводящей к изменению восприятия боли. Ультразвук высокого разрешения позволяет визуализировать эти нервы в ближнем поле и может помочь обнаружить причины поражения нервов и болевого синдрома. В более глубоких слоях специфическая визуализация нервов является сложной задачей, иногда невозможной из-за вышеупомянутых физических ограничений ультразвука.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование фасциальной структуры и механизма действия фасциальных тканей в настоящее время достаточно актуально. Фасция необходима для физиологического и метаболического гомеостаза, а также для функционирования механизмов заживления и восстановления. Эта развивающаяся область уже доказала, что как источник болевых рецепторов фасция, подверженная патологическим изменениям, приводит к хроническому болевому синдрому. К таким изменениям относятся уплотнение и фиброз.

С учётом вышеуказанных данных можно предположить, что установка сетчатых протезов на область изменённой фасции в гинекологической практике может привести к хронической боли в последующем. А возможность визуализировать фасции и взаимопроникающие нервы в режиме реального времени с помощью ультразвука расширяет горизонты для проведения исследований в данной области и создания новых терапевтических подходов в профилактике mesh-ассоциированных осложнений.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

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

Competing interests. The authors declares that there are no obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li G., Zheng B., Meszaros L.B., et al. Identification and characterization of chondrogenic progenitor cells in the fascia of postnatal skeletal muscle // *J Mol Cell Biol.* 2011. Vol. 3, N 6. P. 369–377. doi: 10.1093/jmcb/mjr014
2. Longo U.G., Berton A., Alexander S., et al. Biological resurfacing for early osteoarthritis of the shoulder // *Sports Med Arthrosc.* 2011. Vol. 19. P. 380–394. doi: 10.1097/JSA.0b013e318211c473
3. Wavreille G., Bricout J., Mouliade S., et al. Anatomical bases of the free posterior brachial fascial flap // *Surg Radiol Anat.* 2010. Vol. 32. P. 393–399. doi: 10.1007/s00276-009-0576-x
4. Stecco C., Stern R., Porzionato A., et al. Hyaluronan within fascia in the etiology of myofascial pain // *Surg Radiol Anat.* 2011. Vol. 33. P. 855–862. doi: 10.1007/s00276-011-0876-9
5. Stecco A., Macchi V., Masiero S., et al. Pectoral and femoral fasciae: common aspects and regional specializations // *Surg Radiol Anat.* 2009. Vol. 31. P. 35–42. doi: 10.1007/s00276-008-0395-5
6. Piehl-Aulin K., Laurent C., Engström-Laurent A., Hellström S., Henriksson J. Hyaluronan in human skeletal muscle of lower extremity: concentration, distribution, and effect of exercise // *J Appl Physiol.* 1985. Vol. 71. P. 2493–2498. doi: 10.1152/jappl.1991.71.6.2493
7. McCombe D., Brown T., Slavin J., Morrison W.A. The histochemical structure of the deep fascia and its structural response to surgery // *J Hand Surg (Br).* 2001. Vol. 26. P. 89–97. doi: 10.1054/jhsb.2000.0546
8. Langevin H.M., Fox J.R., Koptiuch C., et al. Reduced thoracolumbar fascia shear strain in human chronic low back pain // *BMC Musculoskelet Disord.* 2011. Vol. 12, N 1. P. 203. doi: 10.1186/1471-2474-12-203
9. Stecco C., Gagey O., Macchi V., et al. Tendinous muscular insertions onto the deep fascia of the upper limb. First part: anatomical study // *Morphologie.* 2007. Vol. 91. P. 29–37. doi: 10.1016/j.morpho.2007.05.001
10. Arkkila P.E., Rönnemaa T., Koskinen P.J., et al. Biochemical markers of type III and I collagen: association with retinopathy and neuropathy in type 1 diabetic subjects // *Diabet Med.* 2001. Vol. 18. P. 816–821. doi: 10.1046/j.1464-5491.2001.00576.x
11. Duffin A.C., Lam A., Kidd R., Chan A.K., Donaghue K.C. Ultrasonography of plantar soft tissues thickness in young people with diabetes // *Diabet Med.* 2002. Vol. 19. P. 1009–1013. doi: 10.1046/j.1464-5491.2002.00850.x
12. Pavan P.G., Stecco A., Stern R., Stecco C. Painful connections: densification versus fibrosis of fascia // *Curr Pain Headache Rep.* 2014. Vol. 18, N 8. P. 441. doi: 10.1007/s11916-014-0441-4
13. Kitamura S. Anatomy of the Fasciae and Fascial Spaces of the Maxillofacial and the Anterior Neck Regions // *Anat Sci Int.* 2018. Vol. 93, N 1. P. 1–13. doi: 10.1007/s12565-017-0394-x
14. Guo J.C., Liu X.L., Ding X., Wang L., Fan Yu. Biomechanical and Mechanical Behavior of the Plantar Fascia in Macro and Micro Structures // *J Biomech.* 2018. Vol. 76. P. 160–166. doi: 10.1016/j.jbiomech.2018.05.032
15. Elazab E.E.B. Morphological study and relations of the fascia vasto-adductoria // *Surg Radiol Anat.* 2017. Vol. 39, N 10. P. 1085–1095. doi: 10.1007/s00276-017-1846-7
16. Moccia D., Nackashi A.A., Schilling R., Ward P.J. Fascial bundles of the infraspinatus fascia: anatomy, function, and clinical considerations // *J Anat.* 2016. Vol. 228, N 1. P. 176–183. doi: 10.1111/joa.12386
17. Steinke H., Wiersbicki D., Speckert M.L., et al. Periodic acid-Schiff (PAS) reaction and plastination in whole body slices. A novel technique to identify fascial tissue structures // *Ann Anat.* 2018. Vol. 216. P. 29–35. doi: 10.1016/j.aanat.2017.10.001
18. Adstrum S., Hedley G., Schleip R., Stecco C., Yucesoy C.A. Defining the fascial system // *J Bodyw Mov Ther.* 2017. Vol. 21, N 1. P. 173–177. doi: 10.1016/j.jbmt.2016.11.003
19. Stecco C., Sfriso M.M., Porzionato A., et al. Microscopic anatomy of the visceral fasciae // *J Anat.* 2017. Vol. 231, N 1. P. 121–128. doi: 10.1111/joa.12617
20. Fede C., Albertin G., Petrelli L., et al. Hormone receptor expression in human fascial tissue // *Eur J Histochem.* 2016. Vol. 60, N 4. P. 2710. doi: 10.4081/ejh.2016.2710
21. Hoheisel U., Rosner J., Mense S. Innervation changes induced by inflammation of the rat thoracolumbar fascia // *Neuroscience.* 2015. Vol. 300. P. 351–359. doi: 10.1016/j.neuroscience.2015.05.034
22. Dawidowicz J., Matysiak N., Szotek S., Maksymowicz K. Telocytes of fascial structures // *Adv Exp Med Biol.* 2016. Vol. 913. P. 403–424. doi: 10.1007/978-981-10-1061-3_26
23. Stecco C., Fede C., Macchi V., et al. The fasciocytes: A new cell devoted to fascial gliding regulation // *Clin Anat.* 2018. Vol. 31, N 5. P. 667–676. doi: 10.1002/ca.23072
24. Soh K.-S., Kang K.A., Harrison D.K., editors. *The Primo Vascular System: Its Role in Cancer and Regeneration.* Springer Verlag, 2012. doi: 10.1007/978-1-4614-0601-3
25. Weigelin B., Bakker G.J., Friedl P. Intravital third harmonic generation microscopy of collective melanoma cell invasion: Principles of interface guidance and microvesicle dynamics // *Intravital.* 2012. Vol. 1, N 1. P. 32–43. doi: 10.4161/intv.21223
26. Langevin H.M., Keely P., Mao J., et al. Connecting (T)Issues: How Research in Fascia Biology Can Impact Integrative Oncology // *Cancer Res.* 2016. Vol. 76, N 21. P. 6159–6162. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-16-0753
27. Procopio M.G., Laszlo C., Al Labban D., et al. Combined Csl and p53 downregulation promotes cancer-associated fibroblast activation // *Nat Cell Biol.* 2015. Vol. 17, N 9. P. 1193–1204. doi: 10.1038/ncb3228
28. Szotek S., Dawidowicz J., Eyden B., et al. Morphological features of fascia lata in relation to fascia diseases // *Ultrastruct Pathol.* 2016. Vol. 40, N 6. P. 297–310. doi: 10.1080/01913123.2016.1239665
29. Ranger T.A., Teichtahl A.J., Cicuttini F.M., et al. Shorter lumbar paraspinous fascia is associated with high intensity low back pain and disability // *Spine.* 2016. Vol. 41, N 8. P. E489–E493. doi: 10.1097/BRS.0000000000001276
30. Cibulka M.T., Bennett J. How weakness of the tensor fascia lata and gluteus maximus may contribute to ACL Injury: A new theory // *Physiother Theory Pract.* 2020. Vol. 36, N 3. P. 359–364. doi: 10.1080/09593985.2018.1486492
31. Bordoni B., Marelli F., Morabito B., Castagna R. Chest pain in patients with COPD: the fascia's subtle silence // *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018. Vol. 13. P. 1157–1165. doi: 10.2147/COPD.S156729

32. Wilke J., Schleip R., Klingler W., Stecco C. The lumbodorsal fascia as a potential source of low back pain: a narrative review // *Biomed Res Int*. 2017. Vol. 2017. P. 5349620. doi: 10.1155/2017/5349620
33. Bishop J.H., Fox J.R., Maple R., et al. Ultrasound evaluation of the combined effects of thoracolumbar fascia injury and movement restriction in a porcine model // *Plos One*. 2016. Vol. 11, N 1. P. e0147393. doi: 10.1371/journal.pone.0147393
34. De Coninck K., Hambly K., Dickinson J.W., Passfield L. Measuring the Morphological Characteristics of Thoracolumbar Fascia in Ultrasound Images: An Inter-Rater Reliability Study // *BMC Musculoskelet Disord*. 2018. Vol. 19, N 1. P. 180. doi: 10.1186/s12891-018-2088-5
35. Engell S., Triano J.J., Fox J.R., Langevin H.M., Konofagou E.E. Differential displacement of soft tissue layers from manual therapy loading // *Clin Biomech*. 2016. Vol. 33. P. 66–72. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2016.02.011
36. Salavati M., Akhbari B., Takamjani I.E., Ezzatiand K., Haghighatkah H. Reliability of the Upper Trapezius Muscle and Fascia Thickness and Strain Ratio Measures by Ultrasonography and Sonoelastography in Participants with Myofascial Pain Syndrome // *J Chiropr Med*. 2017. Vol. 16, N 4. P. 316–323. doi: 10.1016/j.jcjm.2017.06.003
37. Draghi F., Gitto S., Bortolotto C., Draghi A.G., Belometti G.O. Imaging of plantar fascia disorders: findings on plain radiography, ultrasound and magnetic resonance imaging // *Insights Imaging*. 2017. Vol. 8, N 1. P. 69–78. doi: 10.1007/s13244-016-0533-2
38. Bisi-Balogun A., Rector M. Clinical Utility of Ultrasound Measurements of Plantar Fascia Width and Cross-Sectional Area a Novel Technique // *J Am Pediatr Med Assoc*. 2017. Vol. 107, N 5. P. 375–381. doi: 10.7547/16-042
39. Marhofer P., Willschke H., Kettner S. Current concepts and future trends in ultrasound-guided regional anesthesia // *Curr Opin Anesthesiol*. 2010. Vol. 23, N 5. P. 632–636. doi: 10.1097/ACO.0b013e32833e2891
40. Cartwright M.S., Baute V., Caress J.B., Walker F.O. Ultrahigh-frequency ultrasound of fascicles in the median nerve at the wrist // *Muscle Nerve*. 2017. Vol. 56, N 4. P. 819–822. doi: 10.1002/mus.25617

REFERENCES

1. Li G, Zheng B, Meszaros LB, et al. Identification and characterization of chondrogenic progenitor cells in the fascia of postnatal skeletal muscle. *J Mol Cell Biol*. 2011;3(6):369–377. doi: 10.1093/jmcb/mjr014
2. Longo UG, Berton A, Alexander S, et al. Biological resurfacing for early osteoarthritis of the shoulder. *Sports Med Arthrosc*. 2011;19:380–394. doi: 10.1097/JSA.0b013e318211c473
3. Wavreille G, Bricout J, Mouliade S, et al. Anatomical bases of the free posterior brachial fascial flap. *Surg Radiol Anat*. 2010;32:393–399. doi: 10.1007/s00276-009-0576-x
4. Stecco C, Stern R, Porzionato A, et al. Hyaluronan within fascia in the etiology of myofascial pain. *Surg Radiol Anat*. 2011;33:855–862. doi: 10.1007/s00276-011-0876-9
5. Stecco A, Macchi V, Masiero S, et al. Pectoral and femoral fasciae: common aspects and regional specializations. *Surg Radiol Anat*. 2009;31:35–42. doi: 10.1007/s00276-008-0395-5
6. Piehl-Aulin K, Laurent C, Engström-Laurent A, Hellström S, Henriksson J. Hyaluronan in human skeletal muscle of lower extremity: concentration, distribution, and effect of exercise. *J Appl Physiol*. 1985;71:2493–2498. doi: 10.1152/jappl.1991.71.6.2493
7. McCombe D, Brown T, Slavin J, Morrison WA. The histochemical structure of the deep fascia and its structural response to surgery. *J Hand Surg (Br)*. 2001;26:89–97. doi: 10.1054/jhsb.2000.0546
8. Langevin HM, Fox JR, Koptiuch C, et al. Reduced thoracolumbar fascia shear strain in human chronic low back pain. *BMC Musculoskelet Disord*. 2011;12(1):203. doi: 10.1186/1471-2474-12-203
9. Stecco C, Gagey O, Macchi V, et al. Tendinous muscular insertions onto the deep fascia of the upper limb. First part: anatomical study. *Morphologie*. 2007;91:29–37. doi: 10.1016/j.morpho.2007.05.001
10. Arkkila PE, Rönnemaa T, Koskinen PJ, et al. Biochemical markers of type III and I collagen: association with retinopathy and neuropathy in type 1 diabetic subjects. *Diabet Med*. 2001;18:816–821. doi: 10.1046/j.1464-5491.2001.00576.x
11. Duffin AC, Lam A, Kidd R, Chan AK, Donaghue KC. Ultrasonography of plantar soft tissues thickness in young people with diabetes. *Diabet Med*. 2002;19:1009–1013. doi: 10.1046/j.1464-5491.2002.00850.x
12. Pavan PG, Stecco A, Stern R, Stecco C. Painful connections: densification versus fibrosis of fascia. *Curr Pain Headache Rep*. 2014;18(8):441. doi: 10.1007/s11916-014-0441-4
13. Kitamura S. Anatomy of the Fasciae and Fascial Spaces of the Maxillofacial and the Anterior Neck Regions. *Anat Sci Int*. 2018;93(1):1–13. doi: 10.1007/s12565-017-0394-x
14. Guo JC, Liu XL, Ding X, Wang L, Fan Yu. Biomechanical and Mechanical Behavior of the Plantar Fascia in Macro and Micro Structures. *J Biomech*. 2018;76:160–166. doi: 10.1016/j.jbiomech.2018.05.032
15. Elazab EEB. Morphological study and relations of the fascia vasto-adductoria. *Surg Radiol Anat*. 2017;39(10):1085–1095. doi: 10.1007/s00276-017-1846-7
16. Moccia D, Nackashi AA, Schilling R, Ward PJ. Fascial bundles of the infraspinatus fascia: anatomy, function, and clinical considerations. *J Anat*. 2016;228(1):176–183. doi: 10.1111/joa.12386
17. Steinke H, Wiersbicki D, Speckert ML, et al. Periodic acid-Schiff (PAS) reaction and plastination in whole body slices. A novel technique to identify fascial tissue structures. *Ann Anat*. 2018;216:29–35. doi: 10.1016/j.aanat.2017.10.001
18. Adstrum S, Hedley G, Schleip R, Stecco C, Yucesoy CA. Defining the fascial system. *J Bodyw Mov Ther*. 2017;21(1):173–177. doi: 10.1016/j.jbmt.2016.11.003
19. Stecco C, Sfriso MM, Porzionato A, et al. Microscopic anatomy of the visceral fasciae. *J Anat*. 2017;231(1):121–128. doi: 10.1111/joa.12617
20. Fede C, Albertin G, Petrelli L, et al. Hormone receptor expression in human fascial tissue. *Eur J Histochem*. 2016;60(4):2710. doi: 10.4081/ejh.2016.2710
21. Hoheisel U, Rosner J, Mense S. Innervation changes induced by inflammation of the rat thoracolumbar fascia. *Neuroscience*. 2015;300:351–359. doi: 10.1016/j.neuroscience.2015.05.034

22. Dawidowicz J, Matysiak N, Szotek S, Maksymowicz K. Telocytes of fascial structures. *Adv Exp Med Biol.* 2016;913:403–424. doi: 10.1007/978-981-10-1061-3_26
23. Stecco C, Fede C, Macchi V, et al. The fasciocytes: A new cell devoted to fascial gliding regulation. *Clin Anat.* 2018;31(5):667–676. doi: 10.1002/ca.23072
24. Soh K-S, Kang KA, Harrison DK, editors. *The Primo Vascular System: Its Role in Cancer and Regeneration.* Springer Verlag; 2012. doi: 10.1007/978-1-4614-0601-3
25. Weigel B, Bakker GJ, Friedl P. Intravital third harmonic generation microscopy of collective melanoma cell invasion: Principles of interface guidance and microvesicle dynamics. *Intravital.* 2012;1(1):32–43. doi: 10.4161/intv.21223
26. Langevin HM, Keely P, Mao J, et al. Connecting (T)Issues: How Research in Fascia Biology Can Impact Integrative Oncology. *Cancer Res.* 2016;76(21):6159–6162. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-16-0753
27. Procopio MG, Laszlo C, Al Labban D, et al. Combined CSL and p53 downregulation promotes cancer-associated fibroblast activation. *Nat Cell Biol.* 2015;17(9):1193–1204. doi: 10.1038/ncb3228
28. Szotek S, Dawidowicz J, Eyden B, et al. Morphological features of fascia lata in relation to fascia diseases. *Ultrastruct Pathol.* 2016;40(6):297–310. doi: 10.1080/01913123.2016.1239665
29. Ranger TA, Teichtahl AJ, Cicuttin FM, et al. Shorter lumbar paraspinal fascia is associated with high intensity low back pain and disability. *Spine.* 2016;41(8):E489–E493. doi: 10.1097/BRS.0000000000001276
30. Cibulka MT, Bennett J. How weakness of the tensor fascia lata and gluteus maximus may contribute to ACL Injury: A new theory. *Physiother Theory Pract.* 2020;36(3):359–364. doi: 10.1080/09593985.2018.1486492
31. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Castagna R. Chest pain in patients with COPD: the fascia's subtle silence. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018;13:1157–1165. doi: 10.2147/COPD.S156729
32. Wilke J, Schleip R, Klingler W, Stecco C. The lumbodorsal fascia as a potential source of low back pain: a narrative review. *Biomed Res Int.* 2017;2017:5349620. doi: 10.1155/2017/5349620
33. Bishop JH, Fox JR, Maple R, et al. Ultrasound evaluation of the combined effects of thoracolumbar fascia injury and movement restriction in a porcine model. *Plos One.* 2016;11(1):e0147393. doi: 10.1371/journal.pone.0147393
34. De Coninck K, Hambly K, Dickinson JW, Passfield L. Measuring the Morphological Characteristics of Thoracolumbar Fascia in Ultrasound Images: An Inter-Rater Reliability Study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):180. doi: 10.1186/s12891-018-2088-5
35. Engell S, Triano JJ, Fox JR, Langevin HM, Konofagou EE. Differential displacement of soft tissue layers from manual therapy loading. *Clin Biomech.* 2016;33:66–72. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2016.02.011
36. Salavati M, Akhbari B, Takamjani IE, Ezzatiand K, Haghghatkhah H. Reliability of the Upper Trapezius Muscle and Fascia Thickness and Strain Ratio Measures by Ultrasonography and Sonoelastography in Participants with Myofascial Pain Syndrome. *J Chiropr Med.* 2017;16(4):316–323. doi: 10.1016/j.jcm.2017.06.003
37. Draghi F, Gitto S, Bortolotto C, Draghi AG, Belometti GO. Imaging of plantar fascia disorders: findings on plain radiography, ultrasound and magnetic resonance imaging. *Insights Imaging.* 2017;8(1):69–78. doi: 10.1007/s13244-016-0533-2
38. Bisi-Balogun A, Rector M. Clinical Utility of Ultrasound Measurements of Plantar Fascia Width and Cross-Sectional Area: A Novel Technique. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2017;107(5):375–381. doi: 10.7547/16-042
39. Marhofer P, Willschke H, Kettner S. Current concepts and future trends in ultrasound-guided regional anesthesia. *Curr Opin Anesthesiol.* 2010;23(5):632–636. doi: 10.1097/ACO.0b013e32833e2891
40. Cartwright MS, Baute V, Caress JB, Walker FO. Ultrahigh-frequency ultrasound of fascicles in the median nerve at the wrist. *Muscle Nerve.* 2017;56(4):819–822. doi: 10.1002/mus.25617

ОБ АВТОРАХ

***Мусин Ильнур Ирекович**, к.м.н., доцент кафедры акушерства и гинекологии; адрес: 450112, г. Уфа, ул. Ленина, д. 3, Республика Башкортостан, Россия;
ORCID ID: 0000-0001-5520-5845;
e-mail: ilnur-musin@yandex.ru

Ящук Альфия Галимовна, д.м.н., профессор, зав. кафедрой акушерства и гинекологии;
ORCID ID: 0000-0003-2645-1662

Казихинов Рустем Альфредович, к.м.н., доцент;
ORCID ID: 0000-0001-6813-8549

Молоканова Анжелла Радиковна, аспирант;
ORCID ID: 0000-0003-1115-6775

Максимова Серафима Юрьевна, ассистент кафедры урологии;
ORCID ID: 0000-0002-4169-9124

AUTHORS INFO

*** Il'nur I. Musin**, MD, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Obstetrics and Gynecology; address: 3 Lenin Street, Ufa, 450112, Republic of Bashkortostan, Russian Federation;
ORCID: 0000-0001-5520-5845; e-mail: ilnur-musin@yandex.ru

Al'fiya G. Yashchuk, M.D., Dr. Sci. (Med.), professor, Head of the Department of Obstetrics and Gynecology;
ORCID ID: 0000-0003-2645-1662

Rustem A. Kazikhinurov, MD, Cand. Sci. (Med.), associate professor;
ORCID ID: 0000-0001-6813-8549

Anzhella R. Molokanova, graduate student;
ORCID ID: 0000-0003-1115-6775

Serafima Yu. Maksimova, MD, assistant of the Department of Urology;
ORCID ID: 0000-0002-4169-9124