

РОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕГРУЗКИ КИСТИ В РАЗВИТИИ КОНТРАКТУРЫ ДЮПУИТРЕНА И БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТКАНЕЙ ПРИ ТЯЖЕЛЫХ ФОРМАХ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Л.А. Гребенюк¹, gla2000@yandex.ru, <http://orcid.org/http://orcid.org/0000-0003-0812-8861>
А.В. Грязных², anvit-2004@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0727-9529>
Д.А. Шабалин¹, orth1-den@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5717-5694>
Д.А. Останина¹, ostaninadar@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4399-2973>

¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

² Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

Аннотация. Цель: оценка биомеханического состояния покровных тканей кисти на основе их биомеханического мониторинга у здоровых людей и при оперативном лечении пациентов с тяжелыми формами контрактуры Дюпюитрена. **Материалы и методы.** На основании обследования здоровых людей ($n = 8$) и пациентов с тяжелыми формами заболевания в возрасте $59,6 \pm 1,59$ года ($n = 22$) с использованием высокочувствительной методики регистрации механоакустических свойств кожи кисти изучали ее анизотропные свойства. **Результаты.** При лечении контрактуры Дюпюитрена отмечается необходимость сочетания дермофасциотомии с постепенным растяжением мягких тканей пораженной кисти. Прослежена динамика биомеханических свойств кожи и определены критерии растяжения ткани в условиях использования метода Илизарова. Превышение изучаемых параметров тестирования в два раза и выше относительно исходных величин указывает на необходимость прекращения дозированной тракции и снижения её темпов. **Заключение.** Игнорирование установленных критериев реакции кожи на дистракцию приводит к развитию микротравматизации кожи, микроциркуляторным нарушениям и снижению вероятности благоприятного исхода лечения.

Ключевые слова: кисть, анизотропия, альпинисты, контрактура Дюпюитрена, кожа, биомеханические свойства, оперативное лечение, аппарат Илизарова

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы НИР Государственного задания МЗ РФ № 121020500026-3 (2021–2023 гг.).

Для цитирования: Роль функциональной перегрузки кисти в развитии контрактуры Дюпюитрена и биомеханический мониторинг тканей при тяжелых формах заболевания / Л.А. Гребенюк, А.В. Грязных, Д.А. Шабалин, Д.А. Останина // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № S1. С. 119–126. DOI: 10.14529/hsm23s117

Original article
DOI: 10.14529/hsm23s117

FUNCTIONAL OVERLOAD OF THE HAND, DEVELOPMENT OF DUPUYTREN'S CONTRACTURE, AND BIOMECHANICAL MONITORING OF TISSUES UNDER SEVERE DISEASE CONDITIONS

L.A. Grebenyuk¹, gla2000@yandex.ru, <http://orcid.org/http://orcid.org/0000-0003-0812-8861>
A.V. Gryaznykh², anvit-2004@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0727-9529>
D.A. Shabalin¹, orth1-den@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5717-5694>
D.A. Ostanina¹, ostaninadar@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4399-2973>

¹ National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia

² Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

Abstract. Aim. The work was to assess the biomechanical state of the integumentary system of the hand through biomechanical monitoring in healthy subjects and in surgical patients with severe Dupuytren's contracture. **Materials and methods.** Anisotropic properties were identified based on the data obtained after

examination in healthy subjects ($n = 8$) and in patients with severe disease conditions aged 59.6 ± 1.59 years ($n = 22$). Their examination was performed using a highly sensitive technique to record the mechano-acoustic signals of the skin. **Results.** The treatment of Dupuytren's contracture requires a combination of dermo-fasciotomy and gradual stretching of the soft tissues in the affected area. Changes in the biomechanical properties of the skin were recorded. The criteria for stretching the tissue were determined with respect to the Ilizarov method. Exceeding the test parameters by two times or higher relative to the baseline indicates the need to stop predetermined traction and reduce its rate. **Conclusion.** Ignoring the skin's response to distraction leads to microtraumas of the skin, microcirculatory disorders, and a decreased likelihood of a favorable treatment outcome.

Keywords: skin, climbers, wrist, anisotropy, mechano-acoustic, Dupuytren's contracture, operative treatment, Ilizarov fixator

Acknowledgements. The work was performed within the State Assignment of the Ministry of Health of the Russian Federation, No. 121020500026-3 (2021–2023).

For citation: Grebenyuk L.A., Gryaznykh A.V., Shabalin D.A., Ostanina D.A. Functional overload of the hand, development of Dupuytren's contracture, and biomechanical monitoring of tissues under severe disease conditions. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(S1):119–126. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm23s117

Введение. Контрактура Дюпюитрена (КД) представляет собой прогрессирующее фибропролиферативное заболевание, поражающее кисти, ведущее к развитию сгибательной контрактуры пальцев. Несмотря на многочисленные исследования, этиопатогенез болезни Дюпюитрена остается неясным. Отмечается, что повторяющееся напряжение в ладонной фасции в течение многих лет является значимым фактором развития КД. В частности, у альпинистов-мужчин чаще, чем у спортсменов, выявляется КД [4]. У альпинистов она развивается в более раннем возрасте и в дальнейшем приобретает тяжелые формы, трудно поддающиеся лечению. Поэтому важно своевременно дифференцировать физиологическую адаптацию, обусловленную воздействием скалолазания на пальцы кисти, от патологических изменений [17]. Результатом повреждения фасциальной системы является потеря работоспособности, а в некоторых видах спортивной деятельности ее повреждение играет потенциальную роль в развитии патологии опорно-двигательного аппарата [8]. Подчеркивается необходимость совместных усилий различных специалистов и сочетания исследований механобиологии, физиологии движений и совершенствование диагностических подходов в выявлении КД. Считается, что кожа кисти играет большую роль в развитии и распространении КД, чем расценивали ранее [18]. Дермальный фиброматоз на ранних стадиях КД существует при отсутствии клинических признаков вовлечения ткани в патологический процесс [18]. Данные прижизненных биомеханических исследований тканей кисти как в норме, так и при ее патологии скудны.

В ряде работ указывается на взаимозависимость фиброза и регенерации ткани [5]. Обнаружены значительные корреляции между болезнью Дюпюитрена и индексом массы тела (ИМТ), диабетом II типа, уровнем триглицеридов и липопротеидов высокой плотности. Общегеномное ассоциативное исследование (GWAS) выявило 24 области генома, связанные с риском КД [10]. Отмечается, что в возникновении КД генетические факторы составляют 80 % [6]. Воспаление является одним из основных факторов КД, поэтому КД может являться аутоиммунным заболеванием [5].

У большинства пациентов с тяжелыми формами КД после хирургического лечения возможно достижение значимых результатов, улучшающих функциональные возможности кисти. Описаны специальные устройства, применяемые в условиях хирургического лечения для постепенного растяжения тканей кисти при КД с целью устранения контрактуры в сочетании с другими техническими приемами [3, 7, 12–15]. Ранее A. Messina et al. (1993) предложили методику предварительного растяжения тканей с помощью **TEC device** с последующим иссечением патологически измененной ладонной фасции [13]. Такой подход позволял решать проблему дефицита кожи при иссечении пораженных структур кисти. По мнению W. Müller-Seubert et al. (2022), в зависимости от стадии КД и возраста пациента требуются различные хирургические стратегии [3]. Авторы описывают опыт успешного применения дистракционного устройства **Erlangen** при тяжелых формах КД. Они отмечают важность соблюдения медленного и осторожного разгибания межфаланго-

вых суставов ввиду риска развития осложнений (переломов, инфекции, болевого синдрома). Предварительная дистракция мягких тканей устройством **Digit Widget** [14] или **внешнего фиксатора (EF)** [12] при лечении пациентов с КД в сочетании с последующей фасциэктомией обеспечивает больший объем разгибания в суставах. Другие авторы также пришли к аналогичному выводу, используя **External Screw-Threaded Traction Device** [7]. Corain M. et al. (2020) последовательно применили дистракцию тканей кисти наружным фиксатором **EF** с последующей инъекцией коллагеназы в фиброзный тяж [15]. В Центре Илизарова с целью устранения суставного компонента контрактуры у больных с КД успешно используется аппарат Илизарова. Такой подход сочетает оперативное устранение десмогенного компонента контрактуры, а посредством дистракции осуществляется постепенное разгибание пальцев кисти. В этих условиях возможно устранение контрактур каждого сустава в отдельности, без ограничений при этом движений других пальцев. Аппарат Илизарова, используемый на кисти, отличается простота конструкции, взаимозаменяемость деталей и узлов, небольшой вес и стабильность фиксации.

Сведения о реакции растягиваемых тканей кисти при тяжелых формах контрактуры Дюпюитрена в процессе оперативного лечения в литературе скудны. Не определены количественные характеристики изменения биомеханических свойств тканей *in vivo* при дистракции и остается затрудненной своевременная оценка состояний, близких к перерастяжению.

Цель настоящего исследования состояла в поиске критериев растяжения покровных тканей кисти на основе их биомеханического мониторинга у здоровых людей и при оперативном лечении пациентов с тяжелыми формами контрактуры Дюпюитрена.

Материалы и методы. Проведено тестирование механоакустических свойств ладонной поверхности кожи у пациентов мужского пола с КД в возрасте $59,6 \pm 1,59$ года ($n = 22$). Референтная группа представлена здоровыми сверстниками в возрасте $53,4 \pm 6,98$ года ($n = 8$). В предоперационном периоде и на этапе дистракции проводили замеры механоакустических свойств (скорость распространения поверхностной акустической волны – СПАВ) кожи ладонной поверхности кисти, используя

acoustical skin analyzer (производство Россия – Белград). Поверхность тестируемого датчика составляет один см², что позволяет проводить замеры в соседних с раной участках с позиций анизотропии, т. е. в различных направлениях относительно продольной оси конечности. Использовали четыре ориентации – параллельно, перпендикулярно и диагонально – 45 и 135 градусов декартовой системы координат [1, 2]. Статистический анализ осуществляли с помощью программы AtteStat (разработчик И.П. Гайдышев), встроенной в Excel. Оценивали среднее значение и ошибку средней, медиану и её интерквартильный размах. Достоверность различий между двумя выборками оценивали с помощью U-критерия Манна – Уитни.

Результаты. На основе обследования группы здоровых людей был установлен «коридор» нормы СПАВ в коже ладонной поверхности кисти. Статистический анализ показателя СПАВ в коже пораженной кисти у пациентов с КД ($n = 12$) выявил достоверные различия по критерию величины медианы, основным из которых явилось существенное **снижение** изучаемого параметра относительно референтных значений ($p < 0,05$). Это касалось значений СПАВ во всех четырех тестируемых направлениях (табл. 1). У остальных десяти больных медиана показателя СПАВ оказалась достоверно **выше** медианы («коридора» нормы) в контрольной группе ($p < 0,05$). Это легло в основу дифференцированного подхода в оценке исходного биомеханического состояния ткани и разделения пациентов на этом этапе на две группы. В **первую** группу вошли больные с медианой СПАВ ниже «коридора» нормы, во **вторую** – выше «коридора» нормы медианы СПАВ (табл. 1).

До лечения расчетные значения коэффициента анизотропии в коже пораженной кисти, вычисляемые по медиане показателя СПАВ, оказались низкими, близкими к изотропии, т. е. приближались к 1,0. Аналогичное отсутствие акустической анизотропии в коже кистей наблюдалось у сверстников контрольной группы (табл. 1). По мере устранения десмогенного компонента КД посредством дистракции кожа переходит в напряженно-деформированное состояние. На указанном этапе важно контролировать степень натяжения ткани во избежание ее предельной деформации, приводящей к нарушению трофики тканей, их микротравматизации и развития болевого

Таблица 1
Table 1

Показатель скорости распространения поверхностной акустической волны (м/с)
в коже пораженной кисти у больных с контрактурой Дюпюитрена до лечения
Surface acoustic wave velocity (SAWV) (m/s) in the skin
of the affected hand in patients with Dupuytren's contracture before treatment

Пораженная кисть (предоперационный период). Дистальная область Affected hand (pre-surgery). Distal area					
	Параметр Parameter	z	45 град. degrees	x	135 град. degrees
n = 12 (< нормы / reference values)	M ± m	74,96 ± 3,21	71,79 ± 3,32	70,6 ± 3,79	70,86 ± 3,63
	Медиана Median	79,75 (63:85)*	77 (58:84)*	67 (60:86)*	69,75 (60:87)*
	p	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
n = 10 (> нормы / reference values)	M ± m	118,65 ± 5,6	124,85 ± 6,36	121,22 ± 6,36	112 ± 6,66
	Медиана Median	111 (103:138)*	119 (97:159,5)*	119 (105:145)*	114 (97:149)*
	p	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Контралатеральная кисть. Дистальная область Contralateral hand. Distal area					
n = 12 (< 90 м/с / m/s)	M ± m	74,03 ± 3,86	73,76 ± 4,5	76,15 ± 2,56	72,58 ± 3,42
	Медиана Median	77 (63:82)	79 (61,5:84)	72,75 (68:88)	71,25 (60,5:84)
	p	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
n = 10 (> 90 м/с / m/s)	M ± m	113,54 ± 4,88	109,57 ± 4,65	114,18 ± 6,35	121,84 ± 4,24
	Медиана Median	113 (97:131)	105 (96:125)	109 (98:129)	122 (105:133,5)
	p	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Контрольная группа Control group					
(n = 8)	M ± m	97,83 ± 5,82	97,5 ± 4,99	94,67 ± 6,18	99,25 ± 4,8
	Медиана Median	99 (96:108)	100,3 (96:104)	95,5 (80:109)	101,5 (101:102)

Примечание. M ± m, где M – значение средней, m – стандартная ошибка, p – статистическая значимость по критерию Манна – Уитни, м/с – метр в секунду; z – продольное направление, x – поперечная ориентация, 45 и 135 град. – диагональное направление.

Note. M ± m, M – mean value, m – standard error, p – level of statistical significance (the Mann–Whitney test), m/s – meters per second; z – longitudinal direction, x – transverse direction, 45 and 135 degrees – diagonal direction.

синдрома (см. табл. 2). В качестве иллюстрации представляем три клинических случая успешного использования мониторинга in vivo для отслеживания реакции кисти.

Анализ параметров СПАВ (**пример 1**) показывает, что начальный период дистракции характеризуется приростом параметра СПАВ в диагональном направлении относительно продольной оси сегмента. Так, относительно предоперационных значений его прирост достигал 100 % при ориентации датчика в 45 град., и 55,3 % – в направлении 135 град. Субъективно у больного наблюдалось побледнение кожного покрова кисти, отмечались выраженные болевые ощущения и снижение чувствительности. Была внесена коррекция в тактику ведения пациента – уменьшен темп

дистракции со 180 град. четыре раза в день до 180 град. два раза ежедневно. В результате степень натяжения кожного покрова снизилась, показатель СПАВ в диагональном направлении к 19-му дню дистракции составил 116 м/с (прирост 31,1 %) и 112 м/с (прирост 26,6 %). Возрастание СПАВ в процессе дистракции наблюдалось и в других ориентациях, но диапазон прироста составил лишь 2,9–28,9 %. В исследуемом участке существенные изменения претерпевал коэффициент акустической анизотропии, в начале дистракции снижаясь до 0,67–0,86. При ее завершении наблюдалась механо-акустическая изотропия, поскольку этот коэффициент составил 1,04–1,09 (см. табл. 2). Тестирование нескольких соседних участков кожи оперированной кисти во **ВТО-**

Таблица 2
Table 2

Динамика показателя СПАВ в коже оперированной кисти
у пациентов с контрактурой Дюпюитрена III–IV степени, м/с
SAWV changes in surgical patients with Dupuytren's contracture (grades III–IV, post-surgery), m/s

Пример 1. Пациент З., 50 лет. Диагноз: приобретенная контрактура Дюпюитрена левой кисти III–IV ст. (пятый луч). Группа Б							
Patient 1. Patient Z., 50 years. Acquired Dupuytren's contracture of the left hand grades III–IV (5 th ray). Group B							
Дистракция (дни) Distraction (day)	Иссл. область Area	z	45 град. degrees	x	135 град. degrees	Кэф. анизотропии Anisotropy coefficient	
						z/45	x/135
Исх. Baseline	Дистал. Distal	103	88,5	107	103	1,16	1,04
12	Дистал. Distal	118 (+14,6 %)	177 (+100 %)	138 (+28,9 %)	160 (+55,3 %)	0,67	0,86
19	Дистал. Distal	106 (+2,9 %)	116 (+31,1 %)	138 (+28,9 %)	119 (+15,5 %)	0,91	1,16
25	Дистал. Distal	123 (+19,42 %)	112 (+26,6 %)	120,7 (+12,8 %)	116 (+12,6 %)	1,09	1,04
Пример 2. Пациент Г., 44 лет. Диагноз: приобретенная контрактура Дюпюитрена III–IV ст. левой кисти. Группа А							
Patient 2. Patient G., 44 years. Acquired Dupuytren's contracture of the left hand grades III–IV. Group A							
	Иссл. область Area	z	45 град. degrees	x	135 град. degrees	z/45	x/135
Исх. Baseline	Дистал. Distal	65	67	64	62,5	0,97	1,02
Дистракция 6 дн. Distraction Day 6	Обл. 1 Area 1	108,5 (+66,9 %)	90 (+34,3 %)	68 (+6,3 %)	90 (+34,3 %)	1,2	0,76
	Обл. 2 Area 2	112 (+72,3 %)	107 (+59,7 %)	112,5 (+65,4 %)	93 (+48,8 %)	1,05	1,2
	Обл. 3 Area 3	127 (+95,4 %)	134,5 (+100,7 %)	123,5 (+92,9 %)	104,5 (+67,2 %)	0,94	1,2
Пример 3. Пациент Б., 74 г. Диагноз: приобретенная контрактура Дюпюитрена 3 ст. правой кисти (пятый луч). Группа А							
Patient 3. Patient B., 74 years. Acquired Dupuytren's contracture of the right hand grade III (5 th ray). Group A							
	Иссл. область Area	z	45 град. degrees	x	135 град. degrees	z/45	x/135
Исх. Baseline	Дистал. Distal	80,5	86	86	97	0,94	0,89
Дистракция 8 дн. Distraction Day 8	Дистал. Distal	133,5 (+65,8 %)	120,5 (+40,1 %)	115 (+33,7 %)	135 (+39,2 %)	1,1	0,85

ром клиническом случае также выявило возрастание параметра СПАВ (см. табл. 2). Наибольший прирост указанного показателя наблюдался для самого дистального участка вблизи пястно-фалангового сустава. По сравнению с исходными величинами прирост СПАВ в коже возрастал на 67,2–100,7 %. Максимальный прирост также происходил при диагональном тестировании в 45 град. На основании мониторинга дистракция была приостановлена, а ее

темп был снижен. Третий клинический случай демонстрирует реакцию кожи на дистракцию в проксимальном межфаланговом суставе пятого пальца у пациента Б., 74 года. Показатель СПАВ к восьмому дню дистракции возрастал во всех используемых при тестировании ориентациях до 104,5–134,5 м/с, прирост при этом составил 67,2–100,7 %. Темп дистракции был снижен, признаки перерастяжения ткани не велировались, СПАВ постепенно снижалась.

По результатам иммуно-гистохимических исследований биопсийного материала, взятого у больных с КД, постулируется, что в кожном покрове кисти увеличивается количество клеток Лангерганса и происходит их миграция из эпидермиса в фасциальную ткань [11]. Авторы предполагают, что на ранних этапах КД патологические изменения могут начинаться в коже и/или в более глубоких тканях. Использование механоакустического тестирования кожи является высокочувствительным, и его использование возможно у людей, относящихся к группе риска по заболеванию контрактура Дюпюитрена, – людей, выполняющих манипуляции с повышенной физической нагрузкой на кисть, а также альпинистов, лыжников и др. Изучение *in vivo* вязкоупругих свойств кожи с рубцовыми изменениями выявило отличия определяемых параметров от нормы [9]. Кожа ладонной поверхности кисти плотно прилегает к толстой волокнистой ладонной фасции за счет диффузно распределенных вертикальных волокон между фасцией и дермой. Ее податливость ниже таковой на тыльной поверхности сегмента. При КД о вовлечении кожи кисти в заболевание свидетельствует наличие ладонных ямок с твердой и дефектной кожей, привязанной к узелку или фиброзу тяжу. Этиология и клиническая картина широкого спектра заболеваний являются результатом аномальной механотрансдукции в тканях. Разрабатываются прин-

ципы фасциально-ориентированного подхода к спортивным тренировкам. К ним относятся использование упругой отдачи, подготовительные встречные движения, медленная и динамическая растяжка, а также практики регидратации и проприоцептивная отработка, которые проводятся один или два раза в неделю [16].

Заключение. Используемые в настоящем исследовании параметры СПАВ в коже кисти здоровых людей и у пациентов с контрактурой Дюпюитрена отражают степень натяжения ткани. Возрастание СПАВ в коже оперированного сегмента при дистракции в два раза и более свидетельствует о появлении признаков перерастяжения с риском неблагоприятных исходов лечения. Это служит основанием для приостановки дистракции и снижения ее темпов. Информативным также является коэффициент анизотропии, его резкое снижение связано с выраженным растяжением кожи сегмента.

Частота рецидивов через пять лет после лечения КД может достигать до 70 %. Биомеханическая среда играет важнейшую роль в развитии тканей и патогенезе заболеваний. Патологический фиброз способствует дисфункции многих систем органов, в том числе тканей кисти. Прогнозирование вероятности развития рецидива КД и время его диагностирования остаются нерешенной проблемой и требуют дальнейшего своего изучения.

Список литературы / References

1. Гребенюк Л.А. Анализ влияния повышенных физических нагрузок на микроциркуляцию и механоакустические свойства кожи конечностей человека // Физиология человека. 2014. Т. 40, № 4. С. 470–476. [Grebnyuk L.A. [Analyzing the Impact of Increased Loads on the Microcirculation and Mechanical-Acoustic Properties of Human Limb Skin]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2014, vol. 40, no. 4, pp. 470–476. (in Russ.)] DOI: 10.1134/S0362119714040082
2. Мартель И.И., Гребенюк Л.А. Замещение дефекта мягких тканей опорной поверхности стопы по методике Илизарова под контролем механо-биологического состояния кожи // Политравма. 2018. № 1. С. 39–46. [Martel I.I., Grebnyuk L.A. [Soft Tissue Defects of the Foot Supporting Surface Repaired with the Ilizarov Method Under Control of Mechanical and Biological Condition of the Skin]. *Politravma* [Polytrauma], 2018, no. 1, pp. 39–46. (in Russ.)]
3. Müller-Seubert W., Cai A., Arkudas A. et al. A Personalized Approach to Treat Advanced Stage Severely Contracted Joints in Dupuytren's Disease with a Unique Skeletal Distraction Device-Utilizing Modern Imaging Tools to Enhance Safety for the Patient. *Journal of Personalized Medicine*, 2022, vol. 12 (3), art. 378. DOI: 10.3390/jpm12030378
4. Logan A.J., Mason G., Dias J., Makwana N. Can Rock Climbing Lead to Dupuytren's Disease? *British Journal of Sports Medicine*, 2005, vol. 39 (9), pp. 639–644. DOI: 10.1136/bjism.2004.015792
5. Karkampouna S., Kreulen M., Obdeijn M.C. et al. Connective Tissue Degeneration: Mechanisms of Palmar Fascia Degeneration (Dupuytren's Disease). *Current Molecular Biology Reports*, 2016, vol. 2 (3), pp. 133–140. DOI: 10.1007/s40610-016-0045-3

6. Ruettermann M., Hermann R.M., Khatib-Chahidi K., Werker P.M.N. Dupuytren's Disease-Etiology and Treatment. *Deutsches Ärzteblatt International*, 2021, vol. 118 (46), pp. 781–788. DOI: 10.3238/arztebl.m2021.0325
7. Horch R.E., Schmitz M., Kreuzer M. et al. External Screw-Threaded Traction Device Helps Optimize Finger Joint Mobility in Severe Stage III and IV Dupuytren Disease. *Medical Science Monitor*, 2021, vol. 27, art. e929814. DOI: 10.12659/MSM.929814
8. Zügel M., Maganaris C.N., Wilke J. et al. Fascial Tissue Research in Sports Medicine: from Molecules to Tissue Adaptation, Injury and Diagnostics: Consensus Statement. *British Journal of Sports Medicine*, 2018, vol. 52 (23), art. 1497. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099308
9. Vránová H., Zeman J., Cech Z., Otáhal S. Identification of Viscoelastic Parameters of Skin with a Scar in Vivo, Influence of Soft Tissue Technique on Changes of Skin Parameters. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2009, vol. 13 (4), pp. 344–349. DOI: 10.1016/j.jbmt.2008.06.004
10. Major M., Freund M.K., Burch K.S. et al. Integrative Analysis of Dupuytren's Disease Identifies Novel Risk Locus and Reveals a Shared Genetic Etiology with BMI. *Genetic Epidemiology*, 2019, vol. 43 (6), pp. 629–645. DOI: 10.1002/gepi.22209
11. Qureshi F.I., Hornigold R., Spencer J.D., Hall S.M. Langerhans Cells in Dupuytren's Contracture. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 2001, vol. 26 (4), pp. 362–367. DOI: 10.1054/jhsb.2000.0518
12. White J.W., Kang S.N., Nancoo T. et al. Management of Severe Dupuytren's Contracture of the Proximal Interphalangeal Joint with Use of a Central Slip Facilitation Device. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 2012, vol. 37(8), pp. 728–732. DOI: 10.1177/1753193412439673
13. Messina A, Messina J. The Continuous Elongation Treatment by the TEC Device for Severe Dupuytren's Contracture of the Fingers. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 1993, vol. 92 (1), pp. 84–90. DOI: 10.1097/00006534-199307000-00012
14. Craft R.O., Smith A.A., Coakley B. et al. Preliminary Soft-Tissue Distraction Versus Checkrein Ligament Release After Fasciectomy in the Treatment of Dupuytren Proximal Interphalangeal Joint Contractures. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 2011, Vol. 128 (5), pp. 1107–1113. DOI: 10.1097/PRS.0b013e31822b67c9
15. Corain M., Zanotti F., Sartore R., Pozza P. Proposal for Treatment of Severe Dupuytren Disease in 2 Steps: Progressive Distraction With External Fixator and Collagenase – A Preliminary Case Series. *Hand*, 2020, vol. 15 (5), pp. 631–637. DOI: 10.1177/1558944718822086
16. Schleip R., Müller D.G. Training Principles for Fascial Connective Tissues: Scientific Foundation and Suggested Practical Applications. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2013, vol. 17 (1), pp. 103–115. DOI: 10.1016/j.jbmt.2012.06.007
17. Schöffl VR, Schöffl I. Finger Pain in Rock Climbers: Reaching the Fight Differential Diagnosis and Therapy. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2007, vol. 47 (1), pp. 70–78.
18. Wade R., Igalí L., Figus A. Skin Involvement in Dupuytren's Disease. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 2016, vol. 41 (6), pp. 600–608. DOI: 10.1177/1753193415601353

Информация об авторах

Гребенюк Людмила Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гнойной остеологии, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия.

Грязных Андрей Витальевич, доктор биологических наук, профессор гуманитарного института, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия.

Шабалин Денис Александрович, кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед отделения патологии кисти, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия.

Останина Дарья Андреевна, врач травматолог-ортопед, аспирантка, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия.

Information about the authors

Lyudmila A. Grebenyuk, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Purulent Osteology, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia.

Andrey V. Gryaznykh, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Humanitarian Institute, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia.

Denis A. Shabalin, Candidate of Medical Sciences, Traumatologist-Orthopedist, Department of Pathology of the Hand, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia.

Daria A. Ostanina, traumatologist-orthopedist, postgraduate student, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.11.2022

The article was submitted 19.11.2022