Оценка гемодинамики артерий кисти и микроциркуляции кожи при контрактуре Дюпюитрена 3–4 стадий до и после оперативного лечения с применением чрескостной фиксации по Г.А. Илизарову

Т.И. Долганова, Н.А. Щудло, Д.А. Шабалин, В.В. Костин

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

Assessment of hemodynamics of the hand arteries and skin microcirculation in Dupuytren's contracture stages 3 to 4 of before and after surgical treatment with the use of Ilizarov transosseous fixation

T.I. Dolganova, N.A. Shchudlo, D.A. Shabalin, V.V. Kostin

Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and Orthopaedics of the RF Ministry of Health, Kurgan, Russian Federation

Цель. Анализ гемодинамики артерий кисти и микроциркуляции кожи у пациентов с контрактурой Дюпюитрена 3–4 степени на этапах лечения с применением чрескостной фиксации. **Материалы и методы.** У 12 больных до операции и через 2–11 месяцев после операции селективной фасциэктомии, артролиза и чрескостной фиксации исследована микроциркуляция кожи методом лазерной доплерографической флоуметрии, а также микрогемодинамика Arcus palmaris superficialis и пальцевых артерий методом ультразвуковой импульсной доплерографии. Состояние артерий ладонного апоневроза верифицировано гистологически методом световой микроскопии парафиновых срезов операционного материала. **Результаты.** До операции у 7 пациентов из 12 выявлена вазоконстрикция пальцевых артерий локтевой стороны кисти и ладонной дуги. Гистологически артерии ладонного апоневроза малого калибра (4 и менее слоёв гладкомышечных клеток в составе медиа) с признаками гиперплазии мышечной оболочки и ремоделирования эластического каркаса, в более крупных артериях – повреждения внутренней эластической мембраны и неоинтимальное утолщение. Через 8–10 дней после операции гемодинамических признаков вазоконстрикции нет, в 3 раза увеличена объёмная систолическая скорость. В отдалённом периоде после операции увеличен в 1,5 раза ($p < 0,05$) индекс пикового кровотока относительно значений ближайшего послеоперационного периода. **Обсуждение.** В послеоперационном периоде снижена реактивность сосудов прекапиллярного звена и преобладает спастико-стазический тип микроциркуляции, однако резервные возможности микрососудистого русла не нарушены. **Вывод.** Применённый способ лечения контрактуры Дюпюитрена позволяет осуществить коррекцию деформации кисти и устранить важнейший триггер патогенеза фасциального фиброматоза – вазоконстрикцию.

Ключевые слова: контрактура Дюпюитрена, микрогемодинамика, гистология

Purpose Hemodynamics of the hand arteries and microcirculation of the skin in patients with Dupuytren's contracture in grades 3–4 at the stages of treatment with the use of transosseous fixation was analyzed. **Materials and methods** Skin microcirculation using laser Doppler flowmetry as well as the microhemodynamics of the arcus palmaris superficialis and the digital arteries using pulse Doppler sonography were studied in 12 patients before surgery and following two to 11 months after the surgery of selective fasciectomy, arthrolysis and transosseous fixation. The state of the arteries of the palmar aponeurosis was verified histologically using light microscopy of paraffin sections of the surgical material. **Results** Before surgery, seven out of 12 patients had vasoconstriction of the digital arteries on the ulnar side of the hand and the palmar arch. Histologically, the arteries of the palmar aponeurosis were of small caliber (four or less layers of smooth muscle cells in the media) with signs of muscle hyperplasia and remodeling of the elastic membrane; larger arteries featured damage to the internal elastic membrane and neointimal thickening. Eight to 10 days after the intervention, there were no hemodynamic signs of vasoconstriction; volumetric systolic velocity was increased three times. At long-term follow-up after the surgery, the index of peak blood flow was increased 1.5 times ($p < 0.05$) relative to the values of the immediate postoperative period. **Discussion** In the postoperative period, the reactivity of the vessels of the precapillary flow was reduced and the spastic-stasis type of microcirculation prevailed. However, the potential of the microvascular bed was not impaired. **Conclusion** The method applied for treatment of Dupuytren's contracture provides correction of the deformity of the hand and elimination of vasoconstriction which is the most important trigger in the pathogenesis of fascial fibromatosis.

Keywords: Dupuytren's contracture, microhemodynamics, histology

ВВЕДЕНИЕ

Болезнь Дюпюитрена (ладонный фасциальный фиброматоз) представляет собой прогрессирующую сгибательную контрактуру пястно-фаланговых и проксимальных межфаланговых суставов пальцев и межпальцевых промежутков кисти [1]. Заболевание приводит к существенному снижению активности и качества жизни пациентов, что определяет его социальную значимость [2]. Распространённость варьирует от 0,2 до 50 % в зависимости от этнической и возрастной группы [3]. В основе патологического процесса лежит опухолеподобное фибропролиферативное разрастание тканей ладонного и пальцевого апоневроза с формиро-

ванием узлов и тяжей, которые инфильтрируют дерму кожи, вызывая её втяжения, утолщают и укорачивают продольные фасциальные структуры, что приводит к ограничению разгибания пальцев и смещению пальцевых сосудисто-нервных пучков [4, 5].

Этиология ладонного фасциального фиброматоза остаётся неизвестной, но все общепризнанные факторы риска – аномальные гены, хроническая травматизация кисти при ручном труде, алкоголизм и курение [6], а также ассоциации со старением, диабетом и ВИЧ [7] – тем или иным образом приводят к сужению микрососудов с последующей тканевой ишемией и образованием сво-

бодных радикалов. Стимулированная гипоксией и продуктами перекисного окисления липидов пролиферация фибробластов и миофибробластов вокруг суженных микрососудов считается ключевым событием патогенеза [8].

Несмотря на многочисленные исследования консервативных методов лечения [9], хирургическая операция является единственным эффективным методом устранения контрактуры Дюпюитрена. Контрактура пястно-фалангового сустава более 30 градусов, а также наличие контрактуры проксимального межфалангового сустава любой степени являются общепринятыми показаниями к оперативному лечению [10], однако значительное количество пациентов обращается за хирургической помощью с более выраженным дефицитом разгибания – свыше 90 градусов.

Среди многочисленных вариантов оперативного лечения методикой выбора является частичная фасциэктомия, которая при тщательном исполнении обеспечивает гарантированное удаление патологически изменённых тканей при наименьшем количестве осложнений. В частности, мета-анализ 277 публикаций, посвящённых большим когортам пациентов ($n > 100$), показал, что после открытой частичной фасциэктомии

частота осложнений и рецидивов была достоверно меньше, чем после игольчатой апоневрэктомии [11].

При выраженных контрактурах иссечения патологически изменённого ладонного апоневроза и артролиза недостаточно для устранения дефицита разгибания. Выбор дополнительных средств лечения – шинирования [12] или внешней чрескостной динамической фиксации [13, 14] – остаётся дискуссионным, поскольку оба подхода чреваты дополнительными осложнениями: первый – некрозом мобилизованных кожных лоскутов и развитием дефицита сгибания пальцев, а второй также и спицевыми инфекционными осложнениями. Сведения о состоянии гемодинамики артерий кисти и микроциркуляции её покровных тканей на этапах лечения контрактуры Дюпюитрена в доступной литературе отсутствуют, однако эти данные необходимы не только для оценки его качества и результатов, но и разработки аддитивной терапии.

Цель исследования – анализ гемодинамики артерий кисти и микроциркуляции кожи у пациентов с контрактурой Дюпюитрена 3–4 степени на этапах лечения с применением чрескостной фиксации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 12 пациентов с двусторонним ладонным фасциальным фиброматозом, прооперированных в РНЦ «ВТО» им. академика Г.А. Илизарова в 2017–2018 гг. Возраст пациентов варьировал от 45 до 68 лет. Контрактура оперированной кисти у семи пациентов соответствовала третьей стадии, а у пяти – третьей-четвёртой стадии по классификации R. Tubiana [15]. Методика операции включала иссечение поражённых участков ладонного апоневроза, артролиз суставов пальцев и чрескостную фиксацию кисти аппаратом Илизарова. Для этого производили наложение базовых опор отдельно на каждую фалангу пальца. Если одномоментное максимальное разгибание пальца не вызывало признаков ишемических расстройств покровных тканей, опоры аппарата соединяли между собой в положении его максимального разгибания. В течение двух недель (период заживления раны) аппарат служил фиксационным экстензионным устройством. Если одномоментное разгибание представлялось невыполнимым или нецелесообразным, устранение контрактуры осуществляли по принципу дозированной дистракции. Для этого в конструкцию аппарата включали тракционные стержни и шарниры. При сгибательной контрактуре суставов нескольких лучей аппарат позволял осуществлять устранение контрактуры каждого сустава в отдельности, не ограничивая объема движений других пальцев кисти. Направление тяги регулировали таким образом, чтобы не вызывать компрессирующих или дистрагирующих усилий по линиям суставов. Темп разгибания устанавливали индивидуально, в среднем 0,5 мм четыре раза в сутки (180° – половина оборота гайки вокруг тракционного стержня). При появлении болей в кисти и (или) признаков значительного натяжения кожи и рубца тракцию на разгибание пальца временно приостанавливали (как правило, через 7–10 дней после операции). После достижения полного разгибания начинали динамическую фиксацию, которая заключалась в фиксации суставов в ночное время и разработке – в дневное. В среднем период дозированного разгибания и динамической фиксации продолжался 3 недели, после чего аппарат демонтировали, спицы удаляли и начинали курс физиолечения, ЛФК, массажа.

Для патоморфологического исследования иссечённые во время операции селективной фасциэктомии участки ладонного апоневроза и подкожной клетчатки фиксировали в 10 % нейтральном формалине, дофиксировали в течение 5 дней в смеси 20 g/L растворов глутарового и параформальдегидов на фосфатном буфере (pH 7,4) с добавлением 1 g/L пикриновой кислоты, а затем по стандартной методике заключали в парафиновые блоки. Продольные и поперечные срезы толщиной 5–7 мкм изготовлены на микротоме «Reichert» (Austria), окрашены гематоксилином и эозином. Для дифференцированного выявления эластических и коллагеновых волокон некоторые срезы окрашены по Вейгерту–ван Гизону либо трёхцветным методом по Массону. Световая микроскопия срезов и их цифровое микрофотографирование проведены на аппаратно-программном комплексе, который включал USB микроскоп Carl Zeiss Primo Star тринокулярный цифровой, видеокамеру UCMOS 3,1 Мп и программу захвата и обработки изображений MicroCapture Ver 6.6.

Оценка микроциркуляции тканей кожи проводилась при использовании лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на установке BLF21 фирмы Transonic Systems Inc. (США). Использовался лазер длиной волны 780 нм с глубиной измерения 0,5–1,0 мм. Зонд устанавливался на ладонной поверхности кисти на двух участках выраженного фиброматоза и крепился с помощью двусторонней клейкой мембраны. Измерения ЛДФ выражались в произвольных единицах перфузии (ПУ). Для изучения механизмов эндотелий-зависимой дилатации использовали местную 3-х минутную артериальную ишемическую пробу с установкой окклюзионной манжеты на предплечье (рис. 1, а). После регистрации данных в покое (ККпок, пф. ед.) и 3-х минутной ишемии (ККпик, пф. ед.) производился расчет индекса пикового кровотока (ИПК, % = $\text{ККпик} / \text{ККпок} \times 100$ %); Δt , сек – латентность вазодилаторного ответа; периода полувосстановления капиллярного кровотока ($T_{1/2}$, сек); продолжительность гиперемического ответа; интенсивность (площадь) гиперемического ответа [16].

Исследование Arcus palmaris superficialis и пальцевых артерий проводили методом ультразвуковой импульсной доплерографии (УЗДГ) на ультразвуковом

диагностическом приборе «Минимакс-Допплер К» (фирмы "СП Минимакс", С.-Петербург, Россия) при помощи высокочастотного датчика с рабочей частотой 20 МГц, площадь рабочей поверхности – 3,14 мм². (рис. 1, б) Оценивались показатели посткомпьютерной обработки сигнала при стандартном автоматическом заключении: систолическая скорость кровотока (Vs, см/сек); средняя линейная скорость кровотока (Vm, см/сек); Vad – максимальная диастолическая скорость по кривой средней скорости (см/с); Qas (мл/сек), Qam (мл/сек) – объемная систолическая и средняя скорости по кривой средней скорости; RI – индекс сопро-

тивления (Пурсело); PI – индекс пульсации (Гослинга). Указанные индексы – величины относительные, не имеющие единиц измерения.

Статистическая обработка данных производилась с помощью пакета анализа данных Microsoft EXCEL-2000 и AtteStat методами непараметрической статистики с принятием уровня значимости $p \leq 0,05$. Количественные характеристики выборочных совокупностей представлены в таблице в виде медианы с уровнем 25÷75 % процентов; число наблюдений (n) равно числу исследований. Статистическую значимость различий определяли с использованием критерия Вилкоксона.

Рис. 1. Пример регистрации: а – ЛДФ, б – УЗДГ

РЕЗУЛЬТАТЫ

После операции полное устранение контрактуры достигнуто у 10 пациентов, частичная коррекция – у 2 пациентов. При контрольных осмотрах в период от 2 до 11 месяцев частичная утрата достигнутой коррекции наблюдалась у 2 пациентов.

Гистологическое исследование артерий ладонного апоневроза в образцах операционного материала показало, что среди артерий малого калибра (4 и менее слоёв гладкомышечных клеток в составе средней оболочки) большинство имеет проходимые просветы (рис. 2), но встречаются частично и полностью облитерированные. Большинство артерий с гиперпластичной мышечной оболочкой (рис. 2, а, б), периадвентициальным отёком и фиброзом (рис. 2, а–в), некоторые с признаками эластолиза и ремоделирования эластического каркаса (на рис. 2 (в) определяются участки его разрежения и дубликатуры внутренней эластической мембраны).

В медиі более крупных артерий часто встречались гладкомышечные клетки в состоянии пересокращения (рис. 3, а). Граница медиі и интимы неотчётлива, внутренняя эластическая мембрана фрагментирована, а в составе люминальной выстилки присутствовали неоинтимальные клетки. В некоторых артериях они располагались в виде тяжёлых, перекрывающих просвет (рис. 3, б). В других артериях, несмотря на зна-

чительное полиморфноклеточное миоинтимальное утолщение и деформацию просвета, сформирована окаймляющая просвет новая люминальная выстилка, представленная преимущественно эндотелиоцитами (рис. 3, в).

Через 8–10 дней после операции расчётные показатели артериальной трёхминутной ишемической пробы (табл. 1) не имели статистически значимых отличий от дооперационных, но была выражена тенденция к увеличению периода полувосстановления и уменьшению интенсивности гиперемического ответа. В отдалённом периоде документировано статистически значимое увеличение индекса пикового кровотока относительно значений ближайшего послеоперационного периода.

По данным ультразвуковой доплерографии, у 7 пациентов из 12 в дооперационном периоде зарегистрированы $Vad < 1$, $Vm/Vs < 50\%$, $PI > 1,4$. Наибольшее снижение Vad и Vm/Vs отмечено в зоне поражения (aa. digitales palmares propriae 4, 5 пальцев, Arcus palmaris superficialis). Через 8–10 дней после операции и в отдалённом периоде показатель Vad на доплерограмме у всех пациентов имел положительные значения (пример на рис. 4). Кроме того, через 8–10 дней после операции отмечено трёхкратное статистически значимое увеличение Qas по сравнению с дооперационным значением.

Рис. 2. Артерии малого калибра в срезах ладонного апоневроза пациентов с контрактурой Дюпюитрена. Окраска гематоксилин-эозин. Увеличение: а – 500×; б, в – 1250× (масляная иммерсия)

Рис. 3. Перфорантные артерии ладонного апоневроза пациентов с контрактурой Дюпюитрена. Окраска гематоксилин-эозин. Увеличение: а – 1250× (масляная иммерсия); б, в – 500×. 1 – эндотелиоциты, 2 – неоинтимальные клетки. Тонкие стрелки – остаточные фрагменты лизированной внутренней эластической мембраны, толстые стрелки – ядра пересокращённых гладкомышечных клеток. А – адвентиция, М – медиа, НИУ – неоинтимальное утолщение

Таблица 1

Расчетные показатели артериальной трёхминутной ишемической пробы у пациентов с контрактурой Дюпюитрена

Показатели	До операции (n = 28)	Через 8-10 дней после операции (n = 13)	Контроль 2-11 мес. (n = 11)
Капиллярный кровоток базовый (КК пок., перф. ед.)	6,65 (4,35 ÷ 8,8)	7,3 (5,85 ÷ 7,4)	5,3 (4,0 ÷ 5,5)
Капиллярный кровоток пиковый (КК пик., перф. ед.)	21,9 (17,1 ÷ 29,9)	20,0 (11,5 ÷ 20,2)	18,3 (14,0 ÷ 24,4)
Индекс пикового кровотока (ИПК, %)	302 (211 ÷ 514)	221 (192 ÷ 222)	388 (301 ÷ 528) P ¹ = 0,002
Латентность гиперемического ответа, сек.	20 (15 ÷ 90)	20 (17 ÷ 20)	20 (20 ÷ 20)
Период полувосстановления (T _{1/2} , сек.)	52,5 (30 ÷ 105)	105 (32,5 ÷ 127,5)	70 (40 ÷ 120)
Продолжительность гиперемического ответа, сек.	475 (210 ÷ 617)	480 (207 ÷ 600)	430 (210 ÷ 607)
Интенсивность (площадь) гиперемического ответа, отн. ед.	3225 (1216 ÷ 5407)	1470 (862 ÷ 2082)	2257 (1717 ÷ 3256)

Примечание: ¹ – показана достоверность различия p < 0,05 относительно значений «после операции».

Таблица 2

Показатели УЗ-доплерограмм артерий кисти в норме и на этапах лечения контрактуры Дюпюитрена

Показатели	Норма (n = 15)	До операции (n = 78)	Через 8-10 дней после операции (n = 42)	Контроль 2-11 мес. после операции (n = 54)
Vs	16,98 (13,5 ÷ 20,2)	13,29 (11,0 ÷ 19,5)	15,46 (12,9 ÷ 18,52)	15,36 (12,75 ÷ 21,71)
Vm	9,37 (7,8 ÷ 10,2)	7,39 (6,39 ÷ 8,52)	7,84 (7,04 ÷ 10,08)	8,28 (6,79 ÷ 11,21)
Vad	0,517 (0,130 ÷ 0,951)	0,00 (-0,345 ÷ 0,345)	0,172 (0,000 ÷ 0,775)	0,215 (0,000 ÷ 0,689)
Qas	2,43 (1,46 ÷ 3,08)	2,00 (1,09 ÷ 3,97)	6,27 (4,02 ÷ 9,18) P¹=0,00002	5,03 (1,98 ÷ 7,22)
Qam	1,05 (0,62 ÷ 1,16)	0,525 (0,266 ÷ 0,898)	0,747 (0,531 ÷ 1,19)	0,799 (0,508 ÷ 1,61)
PI	1,2 (0,97 ÷ 1,37)	1,48 (1,23 ÷ 1,87)	1,32 (1,01 ÷ 1,58)	1,43 (1,09 ÷ 1,8)
RI	0,76 (0,63 ÷ 0,91)	0,76 (0,71 ÷ 0,84)	0,72 (0,65 ÷ 0,80)	0,75 (0,67 ÷ 0,82)

Примечание: ¹ – показана достоверность различия p < 0,05 относительно значений «до операции».

Рис. 4. Допплерограмма Arcus palmaris superficialis больного К., 68 лет. Восьмые сутки после операции

ДИСКУССИЯ

Источник кровоснабжения фасциально-кожного комплекса ладони – поверхностная ладонная дуга – кровоснабжает червеобразные мышцы, сухожилия длинных мышц предплечья и кисти, а также даёт начало общим пальцевым артериям [17]. В выполненном

исследовании на доплерограммах 67 % пациентов зарегистрированы расчётные параметры вазоконстрикции ($V_{ad} < 1$, $V_m/V_s < 50$ %, $PI > 1,4$) не только на уровне пальцевых артерий локтевой стороны кисти, но и на уровне самой ладонной дуги. У здоровых до-

бровольцев признаки ретроградного кровотока и отрицательные значения диастолической скорости ранее выявлялись нами только в условиях холодной пробы [18], а снижение всех расчётных параметров УЗДГ артерий фаланг пальцев – при последствиях холодной травмы [19].

В данном исследовании гемодинамические признаки вазоконстрикции ладонной дуги и пальцевых артерий у пациентов с контрактурой Дюпюитрена согласуются с результатами патоморфологического исследования артерий, перфорирующих ладонный апоневроз и кровоснабжающих подкожную клетчатку ладони, а также артериол, вступающих в его слои [20]. Констриктивное ремоделирование этих сосудов проявлялось не только пересокращённым состоянием гладкомышечных элементов, но и гиперплазией меди, ремоделированием её эластического каркаса, в том числе внутренней эластической мембраны, а в некоторых наиболее крупных артериях – формированием выраженного неоинтимального утолщения. Такие изменения неизбежно приводят к уменьшению просветов сосудов и увеличению отношения толщины интимы к толщине меди – количественным критериям ускоренного сосудистого старения, которое наблюдается при артериальной гипертензии и инсулиннезависимом диабете [21]. У пациентов с системной красной волчанкой увеличенное соотношение интима/медия выявлено даже при нормальном артериальном давлении [22].

В нашем исследовании пациентов с контрактурой Дюпюитрена уже через 8–10 дней после операции и в отдалённом периоде показатель диастолической скорости имел положительные значения во всех случаях, а объёмная систолическая скорость увеличивалась в 3 раза. Это является диагностическим критерием компенсаторно-адаптационной реакции, отражающей снижение реактивности микрососудов прекапиллярного звена (функциональный симпатолитизис в артериях, перфузирующих ткани) с формированием колла-

теральной сети артерио-венозных анастомозов (АВА). Функциональное значение АВА заключается в адаптации кровообращения тканей к послеоперационному состоянию, когда повышается капиллярное и фильтрационное давление, наступает гипергидратация тканей и снижается скорость нутритивного кровотока в гипергидратированных тканях вследствие повышения венозного и внутритканевого давления [23].

Показатели микроциркуляции по данным ЛДФ до и в ближайший срок после оперативного лечения (КК покоя и КК пикового) не имеют достоверных различий, резервные возможности сосудистого русла не нарушены и соответствуют критериям сохранности поддержания высоких резервных ресурсов микроциркуляции кожи [24]. Через 14 дней после операции значения ЛДФ при функциональной ишемической пробе статистически не отличались от значений до операции, но имела тенденция к увеличению периода полувосстановления кровотока с уменьшением интенсивности гиперемического ответа, что также интерпретируется как снижение реактивности микрососудов прекапиллярного звена. Данная динамика показателей соответствует преобладанию спастико-стазического гемодинамического типа микроциркуляции [25]. В основе механизмов регуляции кровеносных сосудов в ответ на операционную травму лежат два пути: функциональный симпатолитизис в самых мелких артериолах и сохранение симпатической констрикции в выше-расположенных артериолах и артериях первого порядка. Это позволяет поддерживать на достаточном уровне потребление кислорода в тканях [26].

При контрольном осмотре через 2–11 месяцев после операции отмечено увеличение резервных возможностей сосудистого русла за счет снижения базового капиллярного кровотока. Диагностических критериев метаболических нарушений, дисфункции эндотелия сосудов [27] не выявлено ни в ближайшие, ни в отдаленные сроки после операции.

ВЫВОД

Выполненное исследование свидетельствует о том, что оперативное лечение пациентов с контрактурой Дюпюитрена 3–4 степени с применением чрескостной фиксации по Г.А. Илизарову позволяет

осуществить не только эффективную коррекцию деформации кисти, но и устранить важнейший триггер патогенеза фасциального фиброматоза – вазоконстрикцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Calandruccio J.H., Hecox S.E. Reoperative Dupuytren Contracture. In: S.F.M. Duncan, ed. Reoperative Hand Surgery. Springer Science+Business Media, LLC, 2012. P. 7–15. DOI: 10.1007/978-1-4614-2373-7_2.
2. The impact of Dupuytren disease on patient activity and quality of life / J. Wilburn, S.P. McKenna, D. Perry-Hinsley, A. Bayat // J. Hand Surg. Am. 2013. Vol. 38, No 6. P. 1209–1214. DOI: 10.1016/j.jhsa.2013.03.036.
3. Battaloglu E., Deshmukh R.G. Dupuytren's contracture: Current understanding of the condition and its management // Hand Tissue. 2014. Vol. 3, No 1. P. 3.
4. Strickland J.W., Leibovic S.J. Anatomy and pathogenesis of the digital cords and nodules // Hand Clin. 1991. Vol. 7, No 4. P. 645–657.
5. Swartz W.M., Lalonde D.H. MOC-PS(SM) CME article: Dupuytren's disease // Plast. Reconstr. Surg. 2008. Vol. 121, No 4 Suppl. P. 1–10. DOI: 10.1097/01.prs.0000305932.46121.84.
6. Association among work exposure, alcohol intake, smoking and Dupuytren's disease in a large cohort study (GAZEL) / A. Descatha, M. Carton, Z. Mediouni, C. Dumontier, Y. Roquelaure, M. Goldberg, M. Zins, A. Leclerc // BMJ Open. 2014. Vol. 4, No 1. P. e004214. DOI:10.1136/bmjopen-2013-004214.
7. Murrell G.A. An insight into Dupuytren's contracture // Ann. R. Coll. Surg. Engl. 1992. Vol. 74, No 3. P. 156–160; discussion P. 161.
8. Murrell G.A., Francis M.J., Howlett C.R. Dupuytren's contracture. Fine structure in relation to aetiology. J. Bone Joint Surg. Br. 1989. Vol. 71, No 3. P. 367–373.
9. Van Nuffel M., Degreef I. Pharmacotherapy, steroid injection, fat graft, PIP external fixators and other techniques. In: Living Textbook of Hand Surgery / R. Böttcher, editor. Germany, Düsseldorf: German Medical Science GMS gGmbH. 2014.
10. Surgical treatment results for dupuytren's disease / S. Aykut, M. Baydar, A.F. Büyüç, İ.A. Öztürk, E. Özden, K. Öztürk // Acta Orthop. Bras. 2017. Vol. 25, No 3. P. 71–73. DOI: 10.1590/1413-785220172503164827.
11. A systematic review of outcomes of fasciotomy, aponeurotomy, and collagenase treatments for Dupuytren's contracture / N.C. Chen, R.C. Srinivasan, M.J. Shauver, K.C. Chung // Hand (N.Y.). 2011. Vol. 6, No 3. P. 250–255. DOI: 10.1007/s11552-011-9326-8.

12. Larson D., Jerosch-Herold C. Clinical effectiveness of post-operative splinting after surgical release of Dupuytren's contracture: a systematic review // *BMC Musculoskelet. Disord.* 2008. Vol. 9. P. 104. DOI: 10.1186/1471-2474-9-104.
13. Messina A., Messina J. The continuous elongation treatment by TEC device for severe Dupuytren's contracture of the fingers // *Plast. Reconstr. Surg.* 1993. Vol. 92, No 1. P. 84-90.
14. Beard A.J., Trail I.A. The "S" Quattro in severe Dupuytren's contracture // *J. Hand Surg. Br.* 1996. Vol. 21, No 6. P. 795-796.
15. Tubiana R. Dupuytren's disease of the radial side of the hand // *Hand Clin.* 1999. Vol. 15, No 1. P. 149-159.
16. Which parameter is better to define endothelial dysfunction in a test of postocclusive hyperemia measured by laser-Doppler flowmetry? / P. Stiefel, R. Moreno-Luna, A.J. Vallejo-Vaz, L.M. Beltrán, A. Costa, L. Gómez, A. Ordóñez, J. Villar // *Coron. Artery Dis.* 2012. Vol. 23, No 1. P. 57-61. DOI: 10.1097/MCA.0b013e32834e4f34.
17. Gajisin S., Zbrodowski A. Local vascular contribution of the superficial palmar arch // *Acta Anat. (Basel).* 1993. Vol. 147, No 4. P. 248-251.
18. Долганова Т.И., Шихалева Н.Г. Показатели ультразвуковой доплерографии пальцевых артерий кисти в норме // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* 2008. Т. 7, № 4. С. 24-27.
19. Долганова Т.И., Шабалин Д.А., Шихалева Н.Г. Ультразвуковая доплерография пальцевых артерий при удлинении культей фаланг пальцев минификсаторами // *Травматология и ортопедия России.* 2011. № 2. С. 107-113. DOI:10.21823/2311-2905-2011-0-2-107-113.
20. Баянбегер Д. Кровеносные сосуды ладонного апоневроза человека // *Архив анатомии, гистологии и эмбриологии.* 1972. Т. 62, № 1. С. 82-88.
21. Nilsson P., Olsen M., Laurent S., eds. *Early Vascular Aging (EVA). New Directions in Cardiovascular Protection.* 1st Ed. Academic Press, 2015. 376 p.
22. Early Vascular Aging in Normotensive Patients With Systemic Lupus Erythematosus: Comparison With Young Patients Having Hypertension / M. Morreale, G. Mulè, A. Ferrante, F. D'ignoto, S. Cottone // *Angiology.* 2016. Vol. 67, No 7. P. 676-682. DOI: 10.1177/0003319715613917.
23. Долганова Т.И. Функциональные процессы в организме при лечении аппаратом Илизарова. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. 376 с.
24. Тихонова И.В., Танканан А.В., Чемерис Н.К. Динамика амплитуд колебаний периферического кровотока в процессе развития постокклюзионной реактивной гиперемии у условно-здоровых добровольцев // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* 2009. Т. 8, № 1. С. 31-35.
25. Практическое руководство по применению прибора «Спектротест» в типовых задачах различных областей медицины : пособие для врачей / под ред. Р.В. Горенкова. М. ; Фрязино : Циклон-Тест, 2007. 66 с.
26. Joyner M.J., Thomas G.D. Having it both ways? Vasoconstriction in contracting muscles // *J. Physiol.* 2003. Vol. 550, Pt. 2. P. 333. DOI: 10.1113/jphysiol.2003.044628.
27. Федорович А.А. Неинвазивная оценка вазомоторной и метаболической функции микрососудистого эндотелия в коже человека // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* 2013. Т. 12, № 2. С. 15-25.

REFERENCES

1. Calandruccio J.H., Hecox S.E. Reoperative Dupuytren Contracture. In: S.F.M. Duncan, ed. *Reoperative Hand Surgery.* Springer Science+Business Media, LLC, 2012, pp. 7-15. DOI: 10.1007/978-1-4614-2373-7_2.
2. Wilburn J., McKenna S.P., Perry-Hinsley D., Bayat A. The impact of Dupuytren disease on patient activity and quality of life. *J. Hand Surg. Am.*, 2013, vol. 38, no. 6, pp. 1209-1214. DOI: 10.1016/j.jhsa.2013.03.036.
3. Battaloglu E., Deshmukh R.G. Dupuytren's contracture: Current understanding of the condition and its management. *Hard Tissue*, 2014, vol. 3, no. 1, pp. 3-3.
4. Strickland J.W., Leibovic S.J. Anatomy and pathogenesis of the digital cords and nodules. *Hand Clin.*, 1991, vol. 7, no. 4, pp. 645-657.
5. Swartz W.M., Lalonde D.H. MOC-PS(SM) CME article: Dupuytren's disease. *Plast. Reconstr. Surg.*, 2008, vol. 121, no. 4 Suppl., pp. 1-10. DOI: 10.1097/01.prs.0000305932.46121.84.
6. Descatha A., Carton M., Mediouni Z., Dumontier C., Roquelaure Y., Goldberg M., Zins M., Leclerc A. Association among work exposure, alcohol intake, smoking and Dupuytren's disease in a large cohort study (GAZEL). *BMJ Open*, 2014, vol. 4, no. 1, pp. e004214. DOI:10.1136/bmjopen-2013-004214.
7. Murrell G.A. An insight into Dupuytren's contracture. *Ann. R. Coll. Surg. Engl.*, 1992, vol. 74, no. 3, pp. 156-160, discussion p. 161.
8. Murrell G.A., Francis M.J., Howlett C.R. Dupuytren's contracture. Fine structure in relation to aetiology. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 1989, vol. 71, no. 3, pp. 367-373.
9. Van Nuffel M., Degreiff I. Pharmacotherapy, steroid injection, fat graft, PIP external fixators and other techniques. In: Böttcher R., editor. *Living Textbook of Hand Surgery.* Germany, Düsseldorf, German Medical Science GMS gGmbH. 2014.
10. Aykut S., Baydar M., Büyük A.F., Öztürk İ.A., Özden E., Öztürk K. Surgical treatment results for dupuytren's disease. *Acta Ortop. Bras.*, 2017, vol. 25, no. 3, pp. 71-73. DOI: 10.1590/1413-785220172503164827.
11. Chen N.C., Srinivasan R.C., Shauver M.J., Chung K.C. A systematic review of outcomes of fasciotomy, aponeurotomy, and collagenase treatments for Dupuytren's contracture. *Hand (N.Y.)*, 2011, vol. 6, no. 3, pp. 250-255. DOI: 10.1007/s11552-011-9326-8.
12. Larson D., Jerosch-Herold C. Clinical effectiveness of post-operative splinting after surgical release of Dupuytren's contracture: a systematic review. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 2008, vol. 9, pp. 104. DOI: 10.1186/1471-2474-9-104.
13. Messina A., Messina J. The continuous elongation treatment by TEC device for severe Dupuytren's contracture of the fingers. *Plast. Reconstr. Surg.*, 1993, vol. 92, no. 1. P. 84-90.
14. Beard A.J., Trail I.A. The "S" Quattro in severe Dupuytren's contracture. *J. Hand Surg. Br.*, 1996, vol. 21, no. 6, pp. 795-796.
15. Tubiana R. Dupuytren's disease of the radial side of the hand. *Hand Clin.*, 1999, vol. 15, no. 1. P. 149-159.
16. Stiefel P., Moreno-Luna R., Vallejo-Vaz A.J., Beltrán L.M., Costa A., Gómez L., Ordóñez A., Villar J. Which parameter is better to define endothelial dysfunction in a test of postocclusive hyperemia measured by laser-Doppler flowmetry? *Coron. Artery Dis.*, 2012, vol. 23, no. 1, pp. 57-61. DOI: 10.1097/MCA.0b013e32834e4f34.
17. Gajisin S., Zbrodowski A. Local vascular contribution of the superficial palmar arch. *Acta Anat. (Basel)*, 1993, vol. 147, no. 4, pp. 248-251.
18. Dolganova T.I., Shikhaleva N.G. Pokazateli ultrazvukovoi dopplerografii paltsevykh arterii kisti v norme [Normal indicators of ultrasound Dopplerography of the hand digital arteries]. *Regionarnoe Kровоobrashchenie i Mikrotsirkuliatsiia*, 2008, vol. 7, no. 4, pp. 24-27. (in Russian)
19. Dolganova T.I., Shabalin D.A., Shikhaleva N.G. Ultrazvukovaia dopplerografiia paltsevykh arterii pri udlinenii kultei falang paltsev minifiksatorami [Ultrasound Dopplerography of digital arteries when lengthening finger phalange stumps using minifixators]. *Travmatologiya i Ortopediia Rossii*, 2011, no. 2, pp. 107-113. (in Russian) DOI:10.21823/2311-2905-2011-0-2-107-113.
20. Baianbeleg D. Krovenosnye sosudy laddonogo aponevroza cheloveka [Blood vessels of human palmar aponeurosis]. *Arkhiv Anatomi, Gistologii i Embriologii*, 1972, vol. 62, no. 1, pp. 82-88. (in Russian)
21. Nilsson P., Olsen M., Laurent S., eds. *Early Vascular Aging (EVA). New Directions in Cardiovascular Protection.* 1st Ed. Academic Press, 2015. 376 p.
22. Morreale M., Mulè G., Ferrante A., D'ignoto F., Cottone S. Early Vascular Aging in Normotensive Patients With Systemic Lupus Erythematosus: Comparison With Young Patients Having Hypertension. *Angiology*, 2016, vol. 67, no. 7, pp. 676-682. DOI: 10.1177/0003319715613917.
23. Dolganova T.I. *Funktsionalnye protsessy v organizme pri lechenii apparatom Ilizarova* [Functional processes in an organism when treating with the Ilizarov fixator]. Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011, 376 p. (in Russian)
24. Tikhonova I.V., Tankanag A.V., Chemeris N.K. Dinamika amplitud kolebaniy perifericheskogo krovotoka v protsesse razvitiia postokkliuzionnoi reaktivnoi giperemii u uslovno-zdorovykh dobrovol'tsev [Dynamics of the amplitudes of peripheral blood flow oscillations in the process of post-occlusion reactive hyperemia development in nominally healthy volunteers]. *Regionarnoe Kровоobrashchenie i Mikrotsirkuliatsiia*, 2009, vol. 8, no. 1, pp. 31-35. (in Russian)

25. Gorenkov R.V., red. Prakticheskoe rukovodstvo po primeneniiu pribora «Spektrotest» v tipovykh zadachakh razlichnykh oblastei meditsiny: posobie dlia vrachei [Practical guidance on the use of Spectrotest device in typical medical problems: guide for physicians]. М., Fiazino, Tsiklon-test, 2007. 66 p. (in Russian)
26. Joyner M.J., Thomas G.D. Having it both ways? Vasoconstriction in contracting muscles. *J. Physiol.*, 2003, vol. 550, pt. 2, pp. 333. DOI: 10.1113/jphysiol.2003.044628.
27. Fedorovich A.A. Neinvazivnaia otsenka vazomotornoj i metabolicheskoi funktsii mikrososudistogo endoteliia v kozhe cheloveka [Non-invasive evaluation of microvascular endothelium vasomotor and metabolic function in human skin]. *Regionarnoe Krovoobrashchenie i Mikrotsirkulatsiia*, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 15-25. (in Russian)

Рукопись поступила 16.11.2018

Сведения об авторах:

1. Долганова Тамара Игоревна, д. м. н.,
ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава
России, г. Курган, Россия,
Email: rjik532007@rambler.ru
2. Шудло Наталья Анатольевна, д. м. н.,
ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава
России, г. Курган, Россия,
Email: nshchudlo@mail.ru
3. Шабалин Денис Александрович, к. м. н.,
ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава
России, г. Курган, Россия
4. Костин Вадим Вячеславович,
ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава
России, г. Курган, Россия

Information about the authors:

1. Tamara I. Dolganova, M.D., Ph.D.,
Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation,
Email: rjik532007@rambler.ru
1. Natalia A. Shchudlo, M.D., Ph.D.,
Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation,
Email: nshchudlo@mail.ru
2. Denis A. Shabalin, M.D., Ph.D.,
Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation
3. Vadim V. Kostin, M.D.,
Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and
Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation