Обзор литературы

© Круглов А.В., Шведовченко И.В., 2017

УДК 617.576/.577-007.286-089.28-77

DOI 10.18019/1028-4427-2017-23-3-368-373

Современное состояние вопроса функционального протезирования инвалидов с культями кисти и пальцев (обзор литературы)

А.В. Круглов, И.В. Шведовченко

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-практический центр медико-социальной экспертизы, протезирования и реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

Current state of functional prosthetic application in disabled persons with hand and finger stumps (literature review)

A.V. Kruglov, I.V. Shvedovchenko

Federal State Budgetary Institution Saint-Petersburg Albrecht Scientific Practical Centre of Medical and Social Expertise, Prosthetics and Rehabilitation of the Disabled of the RF Ministry of Labor, Saint-Petersburg, Russia

Представлен литературный обзор о состоянии протезирования частичных усечений и недоразвитий кисти и пальцев в России. Акцентировано внимание на функциональных протезах. Проведен анализ как ранее выпускаемых активных протезов кисти, так и доступных для пользователей в настоящее время. Показаны возможности 3D печати в протезировании кисти. Перечислены объективные и субъективные методы оценки качества функционального протезирования.

Ключевые слова: протезирование, культя кисти, активный протез, недоразвитие кисти, культя пальца, модуль пальца

The literature reviews the status of the issue of prosthetic application for partial hand and finger truncation and deficiencies in Russia. Special attention is paid to functional prostheses. Active prostheses that were previously produced or available at present were analyzed. The possibilities of using 3D printing for hand prosthetics are shown. Objective and subjective quality evaluation methods of functional prosthetics are presented.

Keywords: prosthetics, hand stump, active prosthesis, hand deficiencies, finger stump, finger module

Значение кисти в жизни человека переоценить невозможно. Кисть является не просто органом для трудовой деятельности, но и созидательным органом, двигающим человека дальше по эволюционному пути. Часто забывая о безопасности, люди неоправданно рискуют своей кистью, отсюда высокий процент производственного травматизма кисти, отмеченный у 60 % трудоспособного населения в возрасте до 39 лет [1]. На долю всех травм вышеуказанной локализации приходится 61,8 % от общего числа травм верхней конечности [1, 2, 3, 4]. При этом от 2,6 до 5,4 % приходится на травматическое отчленение пальцев и частей кисти, что в 52,8 % приводит к инвалидизации [1].

Во всем мире частота редукции верхней конечности указывается в пределах от 4-5/10 000 до 1/100 родов [5]. Существует критическая необходимость в практичных, легкозаменяемых, индивидуальных, эстетичных, бюджетных протезах для детей [6].

Ампутация кисти, по какой бы причине она не проводилась, оказывает разрушительное действие на психологическое, физическое, экономическое состояние человека. Этот опыт у пациента сопряжен с переживанием горя, депрессией, потерей самоуважения и, нередко, с социальной изоляцией [7]. Нивелировать, хоть и не полностью, проблемы, связанные с потерей конечности, должна полноценная реабилитация, одним из

компонентов которой является качественное и своевременное протезирование.

Протезирование культей кисти и пальцев является одним из самых сложных в практике врача и техника-протезиста. Изготовить активный протез кисти, обеспечивающий достаточный для повседневной жизни схват, и при этом не выходящий за границы нормальной анатомии, точно так же, как изготовить активный протез пальца без потери имеющейся функции кисти пациента, крайне сложно.

В начале 2000 годов концерном РКК «Энергия» совместно с научными сотрудниками научно-исследовательского института протезирования им. Г.А. Альбрехта Замилацким Ю.И. и Панковым И.В. были предложены конструкции активных протезов на беспалую культю ПРОЭ-1, ПРОЭ-3 и культю с сохранным первым пальцем – ПРОЭ-2, ПРОЭ-4 (рис. 1) (ныне не выпускаются). Протез имел каркасные пальцы, открытие которых производилось с помощью подмышечной петли, закрытие - с помощью пружины; помимо этого имелся механизм фиксации 4 пальца в «крючок». Однако он не нашел широкого распространения т.к. компенсаторные возможности культи кисти в нем не использовались, а культеприемная гильза в некоторых случаях сковывала движения в лучезапястном суставе [8].



Рис. 1. Комплектующие 2В021 (слева) и 2В023 (справа) для изготовления протезов ПРОЭ-1 и ПРОЭ-2

Изучая мировой опыт протезирования пациентов с беспалой культей кисти, нельзя не отметить серийно выпускаемые комплектующие для изготовления протеза кисти с внешним источником энергии фирмы «Touch Bionics» и «Vincentsystems». Протез «I-digits Touch Bionics» (рис. 2) предназначен для снабжения пациентов с частичным усечением кисти на разных уровнях, но не выше вычленений в плюснефаланговых суставах. Построение протеза основывается на использовании отдельных модулей фалангизированных электрических пальцев. Управляющие сигналы снимаются с мышц кисти миографическими датчиками, расположенными внутри культеприемной гильзы. Из недостатков данного протеза следует отметить громоздкость браслета с системами управления и питания, невозможность использования косметической оболочки и, конечно же, стоимость, которая в 2015 году достигала 18 тыс. фунтов стерлингов в Британии.



Рис. 2. Протез «I-digits»

Снабжение пациентов с культями кисти активными протезами не является массовым и относится к атипичному и экспериментальному протезированию [9].

На сегодняшний день есть необходимость создания нового поколения средств протезной техники. Наибольший интерес могут представлять активные протезы кисти, в которых непрерывно-реверсивное управление механизмом осуществляется остаточным сегментом кисти – пястью и сохранными сегментами пальцев. В этом случае обеспечивается обратная связь по положению и усилию с отражением действия нагрузки непосредственно на управляющем органе [8]. Дальнейшую разработку и изготовление протезов кисти целесообразно вести по пути создания унифицированного комплекта деталей и соединительных элементов [8].

В решении вопросов конструирования и мелкосерийного выпуска комплектующих в настоящее время могут активно применяться технологии трехмерной печати. Наиболее бурно технология 3D печати развивается в мире последние три года [10]. В это время данная

технология стала широко распространенной и доступной, относительно недорогой для широкого использования [11, 12]. Быстрое прототипирование используется в многочисленных медицинских отраслях в течение последних десятилетий. Они включают в себя научные исследования, образование, индивидуальный уход за пациентами, хирургию, а также протезирование [13].

Существуют компании, применяющие бюджетные 3D-принтеры в развивающихся странах для изготовления протезов, и пусть они громоздки и требуют доработки дизайна, эти искусственные конечности уже значительно повысили степень независимости пациентов с ампутированными верхними конечностями. Эта работа представляет собой огромный шаг вперед в обеспечении высокого качества здравоохранения бедных стран [14, 15, 16].

На сегодняшний день по всему миру распространяются электронные данные для самостоятельной печати и сборки активных протезов кисти для детей. Требования к детским протезам сложны из-за постоянного роста ребенка и психосоциального развития [17, 18, 19]. Большинство современных протезов не адаптируются под нормальные размеры детских конечностей и требуют постоянных визитов в медучреждения для корректировки или замены, что может приводить к отказу от использования последних [20]. Достижения в программах компьютерного моделирования, послойной печати, открытый источник программного обеспечения предлагают возможность проектирования, печати и индивидуализации активных протезов кисти при очень низкой стоимости [13, 19], что дает возможность чаще менять протезы в соответствии с ростом ребенка.

Одним из примеров является бюджетный 3D-активный протез кисти под названием «Cyber Beast» (рис. 3), который был разработан при помощи программы моделирования (Blender 7.2, Blender Foundation, Амстердам, Нидерланды) и произведен в научной лаборатории при помощи настольного 3D-принтера Makerbot Replicator.

Авторами данного проекта был проведен опрос, который не был признан статистически значимым, но он дал полезную информацию, связанную с использованием и ощущением улучшения качества жизни. Девять детей сообщили, что использовали протез один-два часа в день, трое — что использовали протез кисти более двух часов и один сообщил об использовании только по необходимости. В дальнейшем дети рассказывали об использовании кистевого протеза ради развлечения (n=10), для бытовой деятельности (n=10), для игры (n=6), для работы в школе (n=4) и для занятий спортом (n=2). Развитие бюджетных протезов, практичных, косметичных, изготовленных дистанционно окажет важное социальное влияние на детей во всем мире [19].

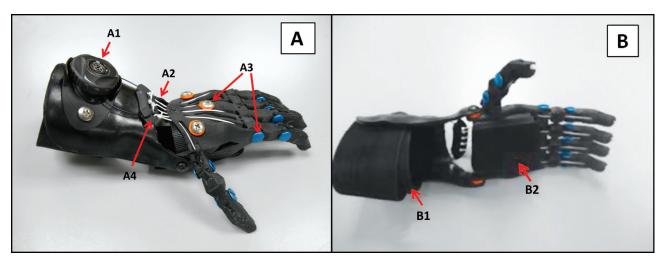


Рис. 3. Активный протез кисти Cyborg Beast: А – вид сверху (А1 – натяжной диск, А2 – нейлоновые тяги, А3 – винты крепления, А4 – система натяжения); В – вид снизу (В1 – гильза предплечья, фиксируемая ремнем «велкро», В2 – гильза кисти с искусственными пальцами, фиксируемая «велкро») [19]

В России разработкой и внедрением напечатанных протезов занимается компания «Моторика», однако следует отметить, что данная компания использует 3D-принтеры топового уровня, и конечное изделие нельзя назвать бюджетным.

Решением проблемы создания медико-технических требований для функциональных протезов кисти занимаются во всех развитых странах мира [21], в том числе и в России. При проектировании активных протезов кисти и пальцев сегодня необходимо уделить должное внимание внешнему виду конечного изделия, не забывая о функциональных свойствах. Протезы должны стать для человека с дефектом кисти элементом стиля, своеобразным украшением, доступным только ему. Примеры тому — актриса Грейс Мандевиль, фотомодель Ребекка Марине, певица Виктория Москалова или спортсменка-модель Эмми Малинз и многие другие; становятся известны и дизайнеры, занимающиеся проектированием протезов-украшений, например, Софи дель Оливейра Барата из Великобритании.

Вопрос о рациональном способе объективной оценки ближайших и отдаленных результатов активного протезирования кисти и пальцев в настоящее время не решен. Все методы оценки результатов протезирования можно разделить на объективные (различные силовые и функциональные тесты) и субъективные (анкеты и опросники).

Объективные методы оценки

В литературе описаны разнообразные тесты для оценки двигательной функции верхней конечности, которые можно подразделить на силовые и функциональные.

Силовые тесты:

- 1) Manual Muscle Test (MMT) [22, 23];
- 2) Ручная динамометрия [24, 25].

Функциональные тесты:

- 1) Minnesota Rate of Manipulation (MRM) test [26];
- 2) Upper Extremity Function Test (UEFT) [27];
- 3) Purdue Pegboard Test [28];
- 4) Jebsen test of hand function [29, 30];
- 5) Sollerman Hand function test. Тест Соллермана [27].

Тест для оценки качества протезирования может быть составлен путем сочетания нескольких тестов для максимальной объективизации результатов протезирования.

Методы экспертной оценки

На сегодняшний день для оценки функции кисти начали широко применять различные тесты и опросники, которые хотя и являются субъективными инструментами, могут дать полную картину функции конечности пациента [31].

Разработанный для оценки исходов и неспособности руки и кисти опросник DASH [32] основывается на самооценке пациентом уровня неспособностей и симптомов обеих верхних конечностей одновременно и предназначен для измерения функции и симптомов, связанных с заболеваниями и последствиями травм верхней конечности, а также для оценки исходов лечения. В 2005 году опросник DASH прошел процесс межкультурной адаптации на русском языке, и русскоязычная версия доступна на интернет-странице Института Труда и Здоровья (Канада) [33].

Для объективизации отзывов пациента о протезировании целесообразно использовать опросник качества жизни (КЖ) SF-36. Качество жизни (КЖ) – интегральная характеристика физического, психологического, эмоционального и социального функционирования больного, основанная на его субъективном восприятии [34]. Опросник SF-36 разработали в 1992 году американские доктора John E. Ware и Cathy D. Sherbourne в Центре изучения медицинских результатов [35]. Данный опросник валидизирован для России, и в 2007 году Ионовой Т.П. с соавторами впервые в России проведено популяционное исследование КЖ с помощью опросника SF-36, в результате которого получены показатели КЖ у здоровой популяции Санкт-Петербурга [34].

Применение международной классификации функционирования (МКФ)

В международной практике широко используется МКФ как в подробной, так и краткой версиях. В последние годы лавинообразно нарастает количество информации о результатах исследований с использованием МКФ в нескольких направлениях, а именно, использование фрагментов классификации для различных целей, таких как профессиональная реабилитация [36], физиотерапевтическая практика, врачебная практика, проведение сравнительного анализа функционирования при различных формах заболеваний, оценке эффективности лечения [37].

Необходимо акцентировать внимание на том, что мы не встретили современных отечественных публикаций, дающих представление об объективной и субъективной оценке функции кисти до и после протезирования, а также качестве жизни протезируемых. Данная работа не ведется, возможно, потому, что процесс протезирования формально перестал являться медицинской услугой, несмотря на то, что протез — изделие исключительно медицинского назначения. Отчасти такой информационный вакуум привел к тому, что перестали составляться меди-

ко-технические требования и, как следствие, перестали появляться не только новые комплектующие и протезы, но и усовершенствованные культеприемные гильзы, более комфортные и функциональные.

Все вышесказанное говорит об актуальности проблемы протезирования пациентов с усечениями на уровне кисти и пальцев и обусловливает необходимость разработки модульного активного протеза, совершенствования культеприемных гильз с использованием новейших материалов протезостроения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Реплантация пальца кисти после механизма отчленения «отрыв» / М.В. Тимербулатов, Р.К. Ибрагимов, Т.Р. Галимов, С.С. Казбулатов, 3.3.Кутуев // Мед. вестник Башкортостана. 2014. Т. 9, № 1. С. 29-30.
- 2. Гришин И.Г., Кодин А.В. Комплексное лечение сочетанных травм сухожилий сгибателей пальцев кисти // Актуальные вопросы хирургии, травматологии и ортопедии : тез. докл. Владимир, 1999. С. 120-123.
- 3. Гришин И.Г. Ширяева Г.Н., Богдашевский Д.Р. Одномоментное восстановление нескольких структур кисти с применением микрохирургической техники // IV Всесоюзный симпозиум "Проблемы микрохирургии": тез. докл. М., 1991. С. 75-76.
- 4. Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures / D.E. Beaton, C. Bombardier, F. Guillemin, M.B. Ferraz // Spine. 2000. Vol. 25, no. 24. P. 3186-3191.
- 5. The World Report on Disability: a challenge for rehabilitation medicine / M. Bethge, P. von Groote, A. Giustini, C. Gutenbrunner // Am. J. Phys. Med. Rehabil. 2014. Vol. 93, no. 1 Suppl. 1. P. S4-S11. doi: 10.1097/PHM.00000000000016.
- Resnik L. Development and testing of new upper-limb prosthetic devices: research designs for usability testing // J. Rehabil. Res. Dev. 2011. Vol. 48, no. 6. P. 697-706.
- 7. Sabolich J., Sabolich S. You're not alone, stories of 38 people who conquered the challenges of a lifetime. Oklahoma: Scott Sabolich Prosthetic and Research. 2005. P. 354.
- 8. Буров Г.Н., Большаков В.А., Буров А.Г. Активные механические устройства непрерывного управления протезом руки после ампутации в пределах кисти // Вестн. гильдии протезистов-ортопедов. 2004. № 2. С. 25-32.
- 9. Технология изготовления протезов верхних конечностей: метод. пособие / В.Г. Петров, Ю.И. Замилацкий, Г.Н. Буров, С.Ф. Курдыбайло, А.О. Андриевская, С.Е. Соболев, А.В. Антипов, Г.В. Чекушина. СПб.: Гиппократ, 2008. 128 с.
- 10. Three-dimensional Printing in Developing Countries / A.M. İbrahim, R.R. Jose, A.N. Rabie, T.L. Gerstle, B.T. Lee, S.J. Lin // Plast. Reconstr. Surg. Glob. Open. 2015. Vol. 3, no. 7. P. e443. doi: 10.1097/GOX.00000000000298.
- 11. A plastic surgery application in evolution: three-dimensional printing / T.L. Gerstle, A.M. Ibrahim, P.S. Kim, B.T. Lee, S.J. Lin // Plast. Reconstr. Surg. 2014. Vol. 133, no. 2. P. 446-451. doi: 10.1097/01.prs.0000436844.92623.d3.
- 12. Hoy M.B. 3D printing: making things at the library // Med. Ref. Serv. Q. 2013. Vol. 32, no. 1. P. 94-99. doi: 10.1080/02763869.2013.749139.
- 13.3D printing based on imaging data: review of medical applications / F. Rengier, A. Mehndiratta, H. von Tengg-Kobligk, C.M. Zechmann, R. Unterhinninghofen, H.U. Kauczor, F.L. Giesel // Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg. 2010. Vol. 5, no. 4. P. 335-341. doi: 10.1007/s11548-010-0476-x.
- 14. Chivers T. Printing new lives: how 3D printing could change the developing world. The Telegraph. 2014. Available at: http://blogs.telegraph.co.uk/news/tomchiversscience/ 100253441/printing-new-lives-how-3d-printing-could-change- the-developing-world/
- 15. McCracken H. How a Time article led to the invention of a \$100 3D-printed artificial limb. Time. 2014. Available at: http://techland.time.com/2014/01/07/how-a-time-article-led-to-the-invention-of-a-100-3d-printed-artificial-limb/#ixzz2plDB48q8.
- Nowak P. The promise and peril of 3D printing. UTNE. 2013. Available at: http://www.utne.com/science-technology/promise-and-peril-3d-printingzm0z13ndzlin.aspx#axzz2zuRJOD1Q.
- 17. Developing a Core Set to describe functioning in vocational rehabilitation using the international classification of functioning, disability, and health (ICF) / R. Escorpizo, J. Ekholm, H.P. Gmünder, A. Cieza, N. Kostanjsek, G. Stucki // J. Occup. Rehabil. 2010. Vol. 20, no. 4. P. 502-511. doi:10.1007/s10926-010-9241-9.
- 18. Krebs D.E., Edelstein J.E., Thornby M.A. Prosthetic management of children with limb deficiencies // Phys. Ther. 1991. Vol. 71, no. 12. P. 920-934.
- Cyborg beast: a low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences / J. Zuniga, D. Katsavelis, J. Peck, J. Stollberg, M. Petrykowski, A. Carson, C. Fernandez // BMC Res. Notes. 2015. Vol. 8. P. 10. doi: 10.1186/s13104-015-0971-9.
- 20. Prosthetic management of children with unilateral congenital below-elbow deficiency / J.R. Davids, L.V. Wagner, L.C. Meyer, D.W. Blackhurst // J. Bone Joint Surg. Am. 2006. Vol. 88, no. 6. P. 1294-1300.
- 21. О динамической модели кисти человека / Д. Драгулеску, Л. Унгуреану, К. Менихардт, А. Станциу // Рос. журн. биомеханики. 2007. Т. 11, № 1. С. 70-75.
- 22. Rudhe C., van Hedel H.J. Upper extremity function in persons with tetraplegia: relationships between strength, capacity, and the spinal cord independence measure // Neurorehabil. Neural Repair. 2009. Vol. 23, no. 5. P. 413-421. doi: 10.1177/1545968308331143.
- 23. Reliability of clinical tests to evaluate nerve function and mechanosensitivity of the upper limb peripheral nervous system / A.B. Schmid, F. Brunner, H. Luomajoki, U. Held, L.M. Bachmann, S. Künzer, M.W. Coppieters // BMC Musculoskelet. Disord. 2009. Vol. 10. P. 11. doi: 10.1186/1471-2474-10-11
- 24. Power grip, pinch grip, manual muscle testing or thenar atrophy which should be assessed as a motor outcome after carpal tunnel decompression? A systematic review / J. Geere, R. Chester, S. Kale, C. Jerosch-Herold // BMC Musculoskelet. Disord. 2007. Vol. 8. P. 114.
- 25. Hand strengths in carpal tunnel syndrome / B. Kaymak, F. Inanici, L. Ozçakar, A. Cetin, A. Akinci, Z. Hasçelik // J. Hand Surg. Eur. Vol. 2008. Vol. 33, no. 3. P. 327-331. doi: 10.1177/1753193408090105.
- 26. A device for testing the intrinsic muscles of the hand / T.C. Pataky, A.V. Savescu, M.L. Latash, V.M. Zatsiorsky // J. Hand Ther. 2007. Vol. 20, no. 4. P. 345-350.
- 27. Evaluation of hand functions in hemodialysis patients / B. Tander, T. Akpolat, D. Durmus, F. Canturk // Ren. Fail. 2007. Vol. 29, no. 4. P. 477-480.
- 28. Bilateral deficits in fine motor control and pinch grip force in patients with unilateral carpal tunnel syndrome / C. Fernández-de-Las-Peñas, M. Pérez-de-Heredia-Torres, R. Martínez-Piédrola, A.I. de la Llave-Rincón, J.A. Cleland // Exp. Brain Res. 2009. Vol. 194, no. 1. P. 29-37. doi: 10.1007/s00221-008-1666-4.
- 29. Blennerhassett J.M., Carey L.M., Matyas T.A. Clinical measures of handgrip limitation relate to impaired pinch grip force control after stroke // J. Hand Ther. 2008. Vol. 21, no. 3. P. 245-252. doi: 10.1197/j.jht.2007.10.021.
- 30. Facilitating skilled right hand motor function in older subjects by anodal polarization over the left primary motor cortex / F.C. Hummel, K. Heise, P. Celnik, A. Floel, C. Gerloff, L.G. Cohen // Neurobiol. Aging. 2009. Vol. 31, no. 12. P. 2160-2168. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2008.12.008.
- 31. Белова А.Н., Щепетова О.Н. Шкалы, тесты опросники в медицинской реабилитации. М.: Антидор, 2002. 440 с.
- 32. Engelhardt T.O., Jeschke J., Piza-Katzer H. About the self-reported quality of life after amputation of the hand in patients with upper extremity tumors // Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 2008. Vol. 40, no. 1. P. 23-30. doi: 10.1055/s-2007-989452.

Гений Ортопедии Том 23, № 3, 2017 г.

- 33. Русская версия опросника DASH: инструмент исследования исходов лечения поражений верхних конечностей / Г.В. Ягджян, Д.О. Абраамян, Б.Э. Григорян, А.Т. Азатян // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. 2005. № 1. С. 52-58.
- 34. Новик А.А., Ионова Т.И. Руководство по исследованию качества жизни в медицине. М.: ЗАО "Олма Медиа Групп", 2007. 320 с.
- 35. Wann-Hansson C., Klevsgård R., Hagell P. Cross-diagnostic validity of the Nottingham Health Profile Index of Distress (NHPD) // Health Qual. Life Outcomes. 2008. Vol. 6. P. 47. doi: 10.1186/1477-7525-6-47.
- 36. Classification of employment factors according to the International Classification of Functioning, Disability and Health in patients with neuromuscular diseases: a systematic review / M.A. Minis, Y. Heerkens, J. Engels, R. Oostendorp, B. van Engelen // Disabil. Rehabil. 2009. Vol. 31, no. 26. P. 2150-2163. doi: 10.3109/09638280902951838.
- 37. Mapping an obesity clinical evaluation protocol to the International Classification of Functioning, Disability and Health / A. Brunani, A. Liuzzi, A. Sirtori, A. Raggi, M.E. Berselli, V. Villa, F. Ceriani, E. Tacchini, V. Vicari, C. Parisio, L. Vismara, A. Zanini, C. Vinci, F. Contini, E. Braga, A. Ricappi, M. Camerlengo, M. Ristea, M. Leonardi // Disabil. Rehabil. 2010. Vol. 32, no. 5. P. 417-423. doi: 10.3109/09638280903171535.
- 38. Нельзина З.Ф., Чудакова Т.Н. Неотложная хирургия открытых повреждений кисти. Минск: Наука и техника, 1994. 239 с
- 39. Updated National Birth Prevalence estimates for selected birth defects in the United States, 2004–2006 / S.E. Parker, C.T. Mai, M.A. Canfield, R. Rickard, Y. Wang, R.E. Meyer, P. Anderson, C.A. Mason, J.S. Collins, R.S. Kirby, A. Correa; National Birth Defects Prevention Network // Birth Defects Res. A. Clin. Mol. Teratol. 2010. Vol. 88, no. 12. P. 1008-1016. doi: 10.1002/bdra.20735.
- 40. Sheng B., Lin M. A longitudinal study of functional magnetic resonance imaging in upper-limb hemiplegia after stroke treated with constraint-induced movement therapy // Brain Inj. 2009. Vol. 23, no. 1. P. 65-70. doi: 10.1080/02699050802635299.

REFERENCES

- 1. Timerbulatov M.V., Ibragimov R.K., Galimov T.R., Kazbulatov S.S., Kutuev Z.Z. Replantatsiia pal'tsa kisti posle mekhanizma otchleneniia «otryv» [The hand finger replantation after "avulsion" detachment mechanism]. *Med. Vestnik Bashkortostana*, 2014, vol. 9, no. 1, pp. 29-30. (In Russian)
- Grishin I.G., Kodin A.V. Kompleksnoe lechenie sochetannykh travm sukhozhilii sgibatelei pal'tsev kisti [Complex treatment of concomitant injuries
 of the hand finger flexor tendons]. Aktual'nye voprosy khirurgii, travmatologii i ortopedii: tez. dokl. [Relevant problems of surgery, traumatology
 and orthopaedics: proceedings]. Vladimir, 1999, pp. 120-123. (In Russian)
- 3. Grishin I.G. Shiriaeva G.N., Bogdashevskii D.R. Odnomomentnoe vosstanovlenie neskol'kikh struktur kisti s primeneniem mikrokhirurgicheskoi tekhniki [Acute restoration of several structures of the hand by microsurgical technique]. *IV Vsesoiuznyi Simpozium "Problemy mikrokhirurgii": tez. dokl.* [Abstracts of IV All-Russian Symposium "Problems of Microsurgery"]. M., 1991, pp. 75-76. (In Russian)
- 4. Beaton D.E., Bombardier C., Guillemin F., Ferraz M.B. Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. *Spine*, 2000, vol. 25, no. 24, pp. 3186-3191.
- 5. Bethge M., Von Groote P., Giustini A., Gutenbrunner C. The World Report on Disability: a challenge for rehabilitation medicine. Am. *J. Phys. Med. Rehabil.*, 2014, vol. 93, no. 1 suppl. 1, pp. S4-S11. doi: 10.1097/PHM.00000000000016.
- Resnik L. Development and testing of new upper-limb prosthetic devices: research designs for usability testing. J. Rehabil. Res. Dev., 2011, vol. 48, no. 6, pp. 697-706.
- 7. Sabolich J., Sabolich S. You're not alone, stories of 38 people who conquered the challenges of a lifetime. Oklahoma, Scott Sabolich Prosthetic and Research, 2005, pp. 354.
- 8. Burov G.N., Bol'shakov V.A., Burov A.G. Aktivnye mekhanicheskie ustroistva nepreryvnogo upravleniia protezom ruki posle amputatsii v predelakh kisti [Active mechanical mechanisms for controlling the upper limb prosthesis after amputation within the hand]. *Vestn. Gil'dii protezistov-ortopedov*, 2004, no. 2, pp. 25-32. (In Russian)
- 9. Ibrahim A.M., Jose R.R., Rabie A.N., Gerstle T.L., Lee B.T., Lin S.J. Three-dimensional Printing in Developing Countries. *Plast. Reconstr. Surg. Glob. Open*, 2015, vol. 3, no. 7, pp. e443. doi: 10.1097/GOX.000000000000298.
- 10. Gerstle T.L., Ibrahim A.M., Kim P.S., Lee B.T., Lin S.J. A plastic surgery application in evolution: three-dimensional printing. *Plast. Reconstr. Surg.*, 2014, vol. 133, no. 2, pp. 446-451. doi: 10.1097/01.prs.0000436844.92623.d3.
- 11. Hoy M.B. 3D printing: making things at the library. Med. Ref. Serv. Q, 2013, vol. 32, no. 1, pp. 94-99. doi: 10.1080/02763869.2013.749139.
- 12. Rengier F., Mehndiratta A., Von Tengg-Kobligk H., Zechmann C.M., Unterhinninghofen R., Kauczor H.U., Giesel F.L. 3D printing based on imaging data: review of medical applications. *Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg.*, 2010, vol. 5, no. 4, pp. 335-341. doi: 10.1007/s11548-010-0476-x.
- 13. Chivers T. Printing new lives: how 3D printing could change the developing world. The Telegraph. 2014. Available at: http://blogs.telegraph.co.uk/news/tomchiversscience/ 100253441/printing-new-lives-how-3d-printing-could-change- the-developing-world/
- 14. McCracken H. How a Time article led to the invention of a \$100 3D-printed artificial limb. Time. 2014. Available at: http://techland.time.com/2014/01/07/how-a-time-article-led-to-the-invention-of-a-100-3d-printed-artificial-limb/#ixzz2plDB48q8.
- 15. Nowak P. The promise and peril of 3D printing. UTNE. 2013. Available at: http://www.utne.com/science-technology/promise-and-peril-3d-printing-zm0z13ndzlin.aspx#axzz2zuRJOD1Q.
- Escorpizo R., Ekholm J., Gmünder H.P., Cieza A., Kostanjsek N., Stucki G. Developing a Core Set to describe functioning in vocational rehabilitation using the international classification of functioning, disability, and health (ICF). J. Occup. Rehabil., 2010, vol. 20, no. 4, pp. 502-511. doi: 10.1007/ s10926-010-9241-9.
- 17. Krebs D.E., Edelstein J.E., Thornby M.A. Prosthetic management of children with limb deficiencies. Phys. Ther., 1991, vol. 71, no. 12, pp. 920-934.
- 18. Zuniga J., Katsavelis D., Peck J., Stollberg J., Petrykowski M., Carson A., Fernandez C. Cyborg beast: a low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences. *BMC Res. Notes*, 2015, vol. 8, pp. 10. doi: 10.1186/s13104-015-0971-9.
- 19. Davids J.R., Wagner L.V., Meyer L.C., Blackhurst D.W. Prosthetic management of children with unilateral congenital below-elbow deficiency. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2006, vol. 88, no. 6, pp. 1294-1300.
- 20. Dragulesku D., Ungureanu L., Menikhardt K., Stantsiu A. O dinamicheskoi modeli kisti cheloveka [Dynamic model of human hand]. *Ros. Zhurn. Biomekhaniki*, 2007, vol. 11, no. 1, pp. 70-75. (In Russian)
- 21. Rudhe C., van Hedel H.J. Upper extremity function in persons with tetraplegia: relationships between strength, capacity, and the spinal cord independence measure. *Neurorehabil. Neural Repair*, 2009, vol. 23, no. 5, pp. 413-421. doi: 10.1177/1545968308331143.
- Schmid A.B., Brunner F., Luomajoki H., Held U., Bachmann L.M., Künzer S., Coppieters M.W. Reliability of clinical tests to evaluate nerve function and mechanosensitivity of the upper limb peripheral nervous system. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 2009, vol. 10, pp. 11. doi: 10.1186/1471-2474-10-11
- 23. Geere J., Chester R., Kale S., Jerosch-Herold C. Power grip, pinch grip, manual muscle testing or thenar atrophy which should be assessed as a motor outcome after carpal tunnel decompression? A systematic review. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 2007,vol. 8, pp. 114.
- 24. Kaymak B., Inanici F., Ozçakar L., Cetin A., Akinci A., Hasçelik Z. Hand strengths in carpal tunnel syndrome. J. Hand Surg. Eur., Vol., 2008, vol. 33, no. 3, pp. 327-331. doi: 10.1177/1753193408090105.
- Pataky T.C., Savescu A.V., Latash M.L., Zatsiorsky V.M. A device for testing the intrinsic muscles of the hand. J. Hand Ther., 2007, vol. 20, no. 4, pp. 345-350.
- 26. Tander B., Akpolat T., Durmus D., Canturk F. Evaluation of hand functions in hemodialysis patients. Ren. Fail., 2007, vol. 29, no. 4, pp. 477-480.
- 27. Fernández-de-Las-Peñas C., Pérez-de-Heredia-Torres M., Martínez-Piédrola R., De la Llave-Rincón A.I., Cleland J.A. Bilateral deficits in fine motor control and pinch grip force in patients with unilateral carpal tunnel syndrome. Exp. Brain Res., 2009, vol. 194, no. 1, pp. 29-37. doi: 10.1007/s00221-008-1666-4.
- 28. Blennerhassett J.M., Carey L.M., Matyas T.A. Clinical measures of handgrip limitation relate to impaired pinch grip force control after stroke. J. Hand Ther., 2008, vol. 21, no. 3, pp. 245-252. doi: 10.1197/j.jht.2007.10.021.

- 29. Hummel F.C., Heise K., Celnik P., Floel A., Gerloff C., Cohen L.G. Facilitating skilled right hand motor function in older subjects by anodal polarization over the left primary motor cortex. *Neurobiol. Aging*, 2009, vol. 31, no. 12, pp. 2160-2168. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2008.12.008.
- 30. Belova A.N., Shchepetova O.N. Shkaly, testy oprosniki v meditsinskoi reabilitatsii [Scales, tests, questionnaires in medical rehabilitation]. M., Antidor, 2002, 440 p. (In Russian)
- 31. Engelhardt T.O., Jeschke J., Piza-Katzer H. About the self-reported quality of life after amputation of the hand in patients with upper extremity tumors. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.*, 2008, vol. 40, no. 1, pp. 23-30. doi: 10.1055/s-2007-989452.
- 32. Iagdzhian G.V., Abraamian D.O., Grigorian B.E., Azatian A.T. Russkaia versiia oprosnika DASH: instrument issledovaniia iskhodov lecheniia porazhenii verkhnikh konechnostei [Russian version of DASH Questionnaire: a research tool of the outcomes of treating the upper limb injuries]. *Annaly Plasticheskoi, Rekonstruktivnoi i Esteticheskoi Khirurgii*, 2005, no. 1, pp. 52-58. (In Russian)
- 33. Novik A.A., Ionova T.I. Rukovodstvo po issledovaniju kachestva zhizni v meditsine [A guide to study quality of life in medicine]. M., ZAO "Olma Media Grupp", 2007, 320 p. (In Russian)
- 34. Wann-Hansson C., Klevsgård R., Hagell P. Cross-diagnostic validity of the Nottingham Health Profile Index of Distress (NHPD). *Health Qual. Life Outcomes*, 2008, vol. 6, pp. 47. doi: 10.1186/1477-7525-6-47.
- 35. Minis M.A., Heerkens Y., Engels J., Oostendorp R., Van Engelen B. Classification of employment factors according to the International Classification of Functioning, Disability and Health in patients with neuromuscular diseases: a systematic review. *Disabil. Rehabil.*, 2009, vol. 31, no. 26, pp. 2150-2163. doi: 10.3109/09638280902951838.
- 36. Brunani A., Liuzzi A., Sirtori A., Raggi A., Berselli M.E., Villa V., Ceriani F., Tacchini E., Vicari V., Parisio C., Vismara L., Zanini A., Vinci C., Contini F., Braga E., Ricappi A., Camerlengo M., Ristea M., Leonardi M. Mapping an obesity clinical evaluation protocol to the International Classification of Functioning, Disability and Health. *Disabil. Rehabil.*, 2010, vol. 32, no. 5, pp. 417-423. doi: 10.3109/09638280903171535.
- 37. Nel'zina Z.F., Chudakova T.N. Neotlozhnaia khirurgiia otkrytykh povrezhdenii kisti [Emergency surgery of the hand open injuries]. Minsk, Nauka i Tekhnika, 1994, 239 p. (In Russian)
- 38. Parker S.E., Mai C.T., Canfield M.A., Rickard R., Wang Y., Meyer R.E., Anderson P., Mason C.A., Collins J.S., Kirby R.S., Correa A.; National Birth Defects Prevention Network. Updated National Birth Prevalence estimates for selected birth defects in the United States, 2004–2006. *Birth Defects Res. A. Clin. Mol. Teratol.*, 2010, vol. 88, no. 12, pp. 1008-1016. doi: 10.1002/bdra.20735.
- 39. Sheng B., Lin M. A longitudinal study of functional magnetic resonance imaging in upper-limb hemiplegia after stroke treated with constraint-induced movement therapy. *Brain Inj.*, 2009, vol. 23, no. 1, pp. 65-70. doi: 10.1080/02699050802635299.

Рукопись поступила 30.01.2017

Сведения об авторах:

- 1. Круглов Антон Вячеславович ФГБУ СПб НЦЭПР им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, г. Санкт-Петербург, Россия, заочный аспирант; Email: k-a-v58teres@mail.ru
- 2. Шведовченко Игорь Владимирович ФГБУ СПб НЦЭПР им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, г. Санкт-Петербург, Росси, генеральный директор, д. м. н., профессор; Email: schwed.i@mail.ru

Information about the authors:

- 1. Anton V. Kruglov, M.D., FSBI Saint-Petersburg Albrecht Scientific Practical Centre of Medical and Social Expertise, Prosthetics and Rehabilitation of the Disabled of the RF Ministry of Labor, Saint-Petersburg, Russia; Email: k-a-v58teres@mail.ru
- 2. Igor' V. Shvedovchenko, M.D., Ph. D., Professor, General Director of FSBI Saint-Petersburg Albrecht Scientific Practical Centre of Medical and Social Expertise, Prosthetics and Rehabilitation of the Disabled of the RF Ministry of Labor, Saint-Petersburg, Russia; Email: schwed.i@mail.ru