

ОЦЕНКА МЕЛКОЙ МОТОРИКИ РУК У БОЛЬНЫХ ПОСЛЕ ДЕКОМПРЕССИИ ВЕНТРАЛЬНОГО СУБАКСИАЛЬНОГО ЦЕРВИКОСПОНДИЛОДЕЗА

ОСОЛОДЧЕНКО ЛЕОНИД ВЛАДИМИРОВИЧ, ORCID ID: 0000-0002-4256-6622; канд. мед. наук, зав. отделением нейрохирургии ГУЗ «Липецкая областная клиническая больница», Россия, 398055, Липецк, ул. Московская, 6а, e-mail: leoniddoctor@bk.ru

ТРАВКОВ ДМИТРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ, ORCID ID: 0000-0003-4457-3911; врач-нейрохирург ГУЗ «Липецкая областная клиническая больница», Россия, 398055, Липецк, ул. Московская, 6а, e-mail: docdat@ro.ru

ВЕРЕЩАКО АНАТОЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, ORCID ID: 0000-0002-9636-5316; докт. мед. наук, профессор кафедры нейрохирургии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Россия, 192242, Санкт-Петербург, ул. Будапешская, 3, e-mail: vereshako@inbox.ru

КОСЫГИН ВЛАДИСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ, ORCID ID: 0000-0002-9148-2214; врач-нейрохирург ГУЗ «Липецкая областная клиническая больница», Россия, 398055, Липецк, ул. Московская, 6а, e-mail: vlkosigin@yandex.ru

ПОМЕРАНЦЕВ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, ORCID ID: 0000-0003-4197-2183; канд. пед. наук, доцент кафедры физической культуры, физиологии и медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет им. П.П. Семенова-Тян-Шанского» Министерства просвещения РФ, Россия, 398020, Липецк, ул. Ленина, 42, тел. 8-904-297-66-13, e-mail: a.pomerantsev.1981@gmail.com

СТАРКИН АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, ORCID ID: 0000-0002-5842-2981, канд. пед. наук, доцент кафедры физической культуры, физиологии и медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет им. П.П. Семенова-Тян-Шанского» Министерства просвещения РФ, Россия, 398020, Липецк, ул. Ленина, 42, тел. 8-960-148-66-65, e-mail: starkin.an@mail.ru

Реферат. Введение. Улучшение отдаленных результатов оперативного лечения требует не только своевременного проведения диагностики, но и самоконтроля динамики нарушенных функций со стороны больного. **Цель исследования** – установить достоверность теста на основании определения соотношения результатов способа оценки мелкой моторики рук по патенту RU2717365C1 с имеющимися двигательными нарушениями, снижением или отсутствием бицепитального, трицепитального и карпо-радиального рефлексов и данных электронейромиографии верхних конечностей у больных с травмами и дегенеративно-дистрофическими заболеваниями шейного отдела позвоночника после декомпрессии вентрального субаксиального цервикоспондиллодеза. **Материал и методы.** Проведено сопоставление наличия двигательных расстройств, снижения или утраты бицепитального, трицепитального и карпо-радиального рефлексов и данных электронейромиографии с результатами способа по патенту RU2717365C1 у 27 больных после декомпрессии вентрального субаксиального цервикоспондиллодеза в связи с заболеваниями и травмами шейного отдела позвоночника. Установлена связь между результатами теста и вышеуказанными обследованиями на основании расчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s). **Результаты и их обсуждение.** Констатируется замедление выполнения теста у больных с двигательным дефицитом верхних конечностей в соответствии с уровнем повреждения выполняемого обратного жеста. Та же закономерность отмечена в отношении снижения или отсутствия соответствующих рефлексов, а также замедления проведения по двигательной корешковой системе по данным электронейромиографии. **Выводы.** Тест достаточно чувствителен и объективен и может быть рекомендован больным для самоконтроля. Применение данного способа не отменяет необходимости плановых диагностических мероприятий и не заменяет их. Разработка подобных тестов может способствовать улучшению подбора реабилитационных мероприятий. **Ключевые слова:** вентральный субаксиальный цервикоспондиллодез, мелкая моторика рук.

Для ссылки: Оценка мелкой моторики рук у больных после декомпрессии вентрального субаксиального цервикоспондиллодеза / Л.В. Осолодченко, Д.А. Травков, А.В. Верещако [и др.] // Вестник современной клинической медицины. – 2022. – Т. 15, вып. 6. – С. 72–77. DOI: 10.20969/VSKM.2022.15(6).72-77.

ASSESSMENT OF DEXTERITY OF HANDS IN PATIENTS AFTER DECOMPRESSION AND VENTRAL SUBAXIAL FUSION

OSOLODCHENKO LEONID V., ORCID ID: 0000-0002-4256-6622; C. Med. Sci., the Head of the Department of neurosurgery of Lipetsk Regional Clinical Hospital, Russia, 398055, Lipetsk, Moskovskaya str., 6a, e-mail: leoniddoctor@bk.ru

TRAVKOV DMITRY A., ORCID ID: 0000-0003-4457-3911; neurosurgeon of Lipetsk Regional Clinical Hospital, Russia, 398055, Lipetsk, Moskovskaya str., 6a, e-mail: docdat@ro.ru

VERESHCHAKO ANATOLY V., ORCID ID: 0000-0002-9636-5316; D. Med. Sci., professor of the Department of neurosurgery of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Russia, 192242, St. Petersburg, Budapeshskaya str., 3, e-mail: vereshako@inbox.ru

KOSYGIN VLADISLAV S., ORCID ID: 0000-0002-9148-2214; neurosurgeon of Lipetsk Regional Clinical Hospital, Russia, 398055, Lipetsk, Moskovskaya str., 6a, e-mail: vlkosigin@yandex.ru

POMERANTSEV ANDREY A., ORCID ID: 0000-0003-4197-2183; C. Ped. Sci., associate professor of the Department of physical culture, physiology and biomedical disciplines of Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky, Russia, 398020, Lipetsk, Lenin str., 42, tel. 8-904-297-66-13, e-mail: a.pomerantsev.1981@gmail.com

STARKIN ALEXANDER N., ORCID ID: 0000-0002-5842-2981; C. Ped. Sci., associate professor of the Department of physical culture, physiology and biomedical disciplines of Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky, Russia, 398020, Lipetsk, Lenin str., 42, tel. 8-960-148-66-65, e-mail: starkin.an@mail.ru

Abstract. Aim. Improving the long-term results of surgical treatment requires not only timely diagnosis, but also self-monitoring of the dynamics of impaired functions on the part of the patient. The aim of the study was to establish the reliability of the test by comparing its results with clinical data and information from electroneuromyography of the upper extremities in patients after decompression-ventral subaxial fusion. **Material and methods.** The presence of motor disorders reduction or loss of bicipital, tricipital and carporadial reflexes and electroneuromyography data was compared with the results of the method according to patent RU2717365C1 in 27 patients after decompression-ventral subaxial cervicospindylodosis due to diseases and injuries of the cervical spine. **Results and discussion.** It was found that the test was slowed down in patients with motor deficiency of the upper extremities with a corresponding level of damage to the performed reverse gesture. The same pattern with respect to the decrease or absence of appropriate reflexes, as well as the slowing down of the motor spine system according to the electroneuromyography. **Conclusions.** The test is quite sensitive and objective, can be recommended to patients for self-control. The use of this method for patients does not cancel the need for planned diagnostic measures and does not replace them. The development of such tests can help improve the selection of rehabilitation measures.

Key words: ventral subaxial cervical fusion, dexterity of the hands.

For reference: Osolodchenko LV, Travkov DA, Vereshchako AV, et al. Assessment of dexterity of hands in patients after decompression and ventral subaxial fusion. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2022; 15(6): 72-77. **DOI:** 10.20969/VSKM.2022.15(6).72-77.

Введение. Передний шейный доступ является одним из самых эффективных и широко используемых в спинальной хирургии [1, 2]. Оперативное лечение шейного отдела позвоночника проводится при дегенеративных, инфекционных заболеваниях, травме, опухолях [3]. Качество жизни больного является важнейшим критерием обоснованности метода оперативного лечения и всех его составляющих [4, 5]. Ухудшение мелкой моторики рук – распространенное расстройство при дегенеративных [6–9] и посттравматических миелопатиях [10, 11]. Такие нарушения существенно ухудшают качество жизни больных. Проводимые декомпрессия и стабилизация способствуют улучшению мелкой моторики рук. Восстановление деятельности как поврежденного органа в отдельности, так и организма в целом под влиянием физических упражнений содействует нормализации функций [12, 13]. Механизмы, с помощью которых упражнения могут способствовать восстановлению, связаны с изменениями уровня нейротрофических факторов [14].

Больным, перенесшим декомпрессивно-стабилизирующие операции, широко применяется реабилитационное лечение [15, 16], в том числе лечебная физкультура [17–20]. Методы медицинской реабилитации неуклонно совершенствуются, но способы оценки динамики мелкой моторики рук достаточно ограничены и субъективны, что осложняет объективную оценку эффективности проводимых мероприятий [21].

Точная оценка функции руки имеет решающее значение для разработки методов лечения [22, 23]. Длительные реабилитационные мероприятия требуют постоянной и своевременной коррекции, для чего, наряду с плановыми диагностическими мероприятиями, необходим самоконтроль со стороны больного. Средства для этого должны отличаться простотой выполнения.

Единого мнения о том, как следует количественно определять состояние мелкой моторики, не разработано [24]. К настоящему времени предложено значительное количество тестов для ее оценки [25], однако большинство из них не может быть использовано самостоятельно больными для динамического контроля.

Электронеуромиография (ЭНМГ) способна выявлять сегментарную дисфункцию передних рогов, свидетельствующую о симптоматической или бессимптомной компрессии спинного мозга, а также мышечную денервацию при длительной миелопатии и радикулопатии, что позволяет непредвзято квалифицировать предлагаемый метод [26]. Мерой оценки у больных после декомпрессивно-стабилизирующих операций на шейном отделе позвоночника может стать способ, разработанный в ЛГПУ им. П.П. Семенова-Тян-Шанского, по которому регистрируется время построения обратных жестов руки на случайные жесты, выводимые на компьютерном терминале. Заключение делают по результатам сравнения полученных числовых значений с нормативными показателями [27].

Цель исследования – установить достоверность теста на основании определения соотношения результатов способа оценки мелкой моторики рук по патенту RU2717365C1 с имеющимися двигательными нарушениями, снижением или отсутствием биципитального, триципитального и карпо-радиального рефлексов и данных ЭНМГ верхних конечностей у больных с травмами и дегенеративно-дистрофическими заболеваниями шейного отдела позвоночника после декомпрессии вентрального субаксиального цервикоспондиллодеза.

Материал и методы. Исследование проведено путем сопоставления клинических данных по наличию двигательных расстройств в кистях, снижения или отсутствия биципитального, триципитального и карпо-радиального рефлексов и данных ЭНМГ верхних конечностей с результатами выполнения теста у 27 больных, которым в 2016–2020 гг. выполнена декомпрессия, а именно: вентральный субаксиальный цервикоспондиллодез в связи с заболеваниями и травмами шейного отдела позвоночника в нейрохирургическом отделении Липецкой областной клинической больницы. Критерием исключения явилось наличие мышечно-суставной патологии кистей и экстравертебральных заболеваний, способных повлиять на ухудшение мелкой моторики вне зависимости от обстоятельств, в связи с которыми проводилось оперативное лечение.

Корреляционный анализ проводили по методу ранговой корреляции Спирмена с определением

коэффициента корреляции (r_s). Существование и сила корреляции между результатами теста и данными неврологического исследования и ЭНМГ установлены путем проверки нулевой статистической гипотезы о равенстве нулю коэффициента корреляции, т.е. об отсутствии связи признаков. Тесноту связи оценивали по шкале Чеддока.

От всех пациентов было получено письменное согласие на участие в исследовании. Работа выполнена в соответствии с этическими принципами, предъявляемыми Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации 1964 г. «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта», в редакции 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 № 266.

Для систематизации полученных данных фигуры теста разделены на группы: А – сгибание I пальца кисти (C7-D1), В – разгибание I пальца (C6-C8), С – сгибание II–III пальцев (C5-D1), D – сгибание IV–V пальцев (C8-D1), E – разгибание пальцев (C6-C8). Сочетания были учтены одновременно в разных группах. Тест условно считался положительным, если имело место замедление выполнения фигур более чем на 25%. Для повышения объективности теста учитывался результат после пятикратного выполнения для выработки навыка построения

обратных жестов. Подобным образом разделены больные со снижением силы вышеуказанных движений, обозначаемые соответственно I, II, III, IV и V. Исследование силы проводилось в соответствии со шкалой Совета по медицинским исследованиям Великобритании (MRC). Больные с сохраненной силой во всех пальцах кистей в этом этапе исследования не учитывались. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программы Microsoft Office Excell 2020.

Результаты и их обсуждение. В ряде публикаций содержится критика различных методов оценки мелкой моторики рук по причине невозможности их выполнения больными в соответствии со стандартом проведения и наличия специального оборудования, а также ставит под сомнение объективность результатов и отмечает невозможность для полной оценки состояния мелкой моторики [21].

Сопоставление силы в пальцах кистей, угнетение рефлексов и данные электронейромиографии позволяют непредвзято квалифицировать предлагаемый метод. Отмечено значительное соответствие между наличием двигательных нарушений и замедлением выполнения теста в соответствующих группах. Данные сопоставления силы в пальцах кистей и положительных результатов теста представлены на рис. 1, 2.

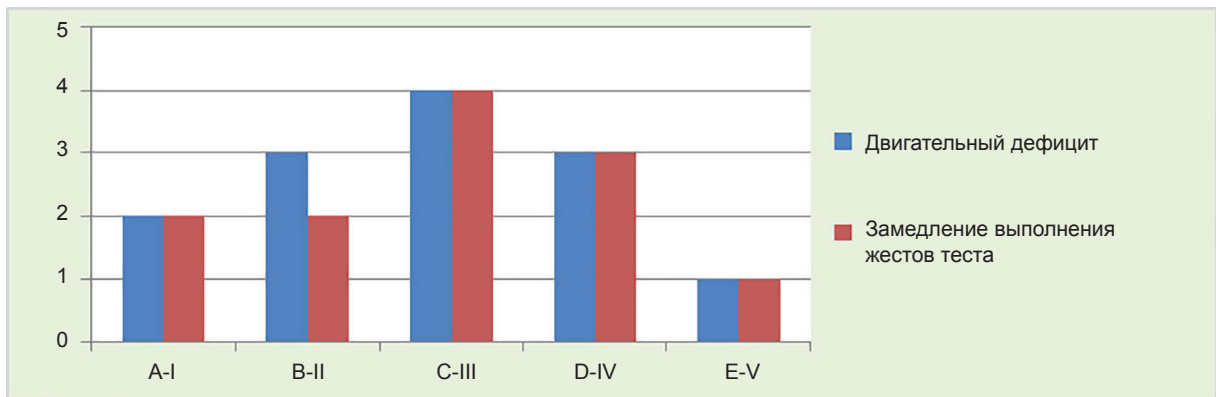


Рис. 1. Данные сопоставления силы в пальцах кистей и положительных результатов теста для правой кисти
Fig. 1. Data comparing the strength in the fingers of the hands and positive test results for the right hand

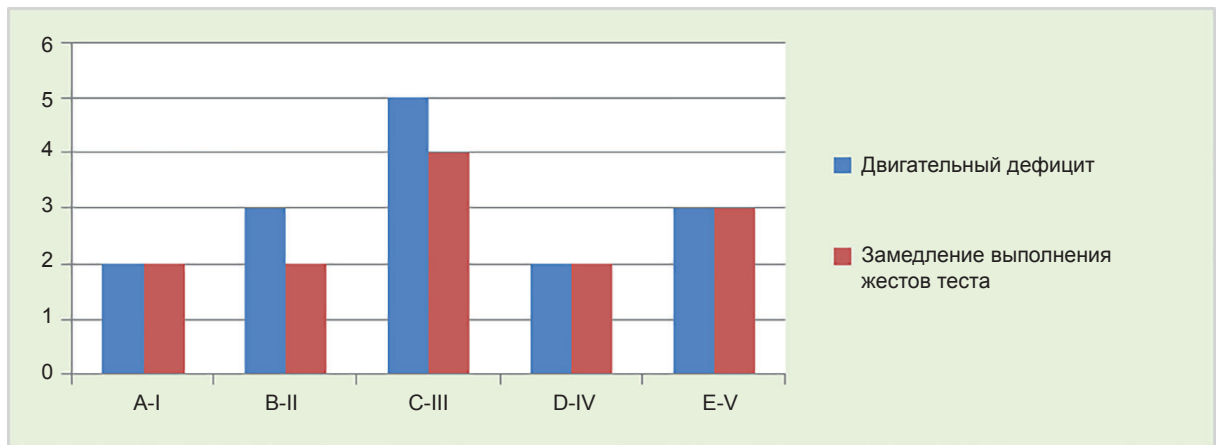


Рис. 2. Данные сопоставления силы в пальцах кистей и положительных результатов теста для левой кисти
Fig. 2. Data comparing the strength in the fingers of the hands and positive test results for the left hand

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r_s = 0,924$. Критические значения при $N = 10$ для $p=0,05$ составляют 0,64, для $p=0,01 - 0,79$. Данное значение характеризует тесноту связи по шкале Чеддока как весьма высокую. Другим критерием оценки объективности теста служит совпадение угнетения или отсутствия рефлекса с замедлением выполнения обратного жеста в соответствующей группе. Угнетение или отсутствие рефлекса также сопровождалось замедлением выполнения теста в соответствующих группах с существенной взаимной зависимостью этих показателей. Несмотря на явные соответствия, полное совпадение не достигается по причине замыкания дуги рефлексов в 2 и более сегментах спинного мозга.

Результаты сопоставления представлены в *табл. 1* для правой кисти и в *табл. 2* для левой кисти.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r_s = 0,724$. Критические значения при $N = 23$ для $p=0,05$ составляют 0,42, для $p=0,01 - 0,53$. Данное значение характеризует тесноту связи по шкале Чеддока как высокую.

Сопоставление замедления выполнения тестов и гипо- и арефлексии демонстрирует полное или близкое к таковому совпадение при аналогичных уровнях замыкания рефлекторной дуги и иннервации мышц, осуществляющих исследуемые движения и частичное или абсолютное несоответствие при их несоответствии. Подобным же образом выглядит соотношение замедления теста в группах и данных ЭНМГ.

Результаты сопоставления теста с нарушениями проведения по двигательной корешковой системе представлены в *табл. 3* для правой кисти и в *табл. 4* для левой кисти.

Полученные данные свидетельствуют о высоком проценте совпадений зарегистрированных ЭНМГ-нарушений проведения по двигательной корешковой системе и замедления выполнения теста с участием мышц, иннервируемых этими корешками.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r_s = 0,975$. Критические значения для $N = 40$ для $p=0,05$ составляют 0,31, для $p=0,01 - 0,4$. Данное значение характеризует тесноту связи по шкале Чеддока как весьма высокую.

Таблица 1

Совпадение угнетения или отсутствие рефлекса с замедлением выполнения теста в соответствующей группе для правой кисти

Table 1

The coincidence of depression or lack of reflex with the slowing down of the test in the corresponding group for the right hand

Рефлекс	A		B		C		D		E	
	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%
Биципитальный (8 случаев)	0	0	3	37,5	8	100	1	12,5	3	37,5
Триципитальный (11 случаев)	10	90,9	11	100	11	100	11	100	11	100
Карпо-радиальный (12 случаев)	3	25	12	100	11	91,7	0	0	12	100

Таблица 2

Совпадение угнетения или отсутствие рефлекса с замедлением выполнения теста в соответствующей группе для левой кисти

Table 2

The coincidence of depression or lack of reflex with the slowing down of the test in the corresponding group for the left hand

Рефлекс	A		B		C		D		E	
	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%
Биципитальный (7 случаев)	0	0	7	100	7	100	0	0	3	42,9
Триципитальный (11 случаев)	11	100	11	100	11	100	11	100	11	100
Карпо-радиальный (14 случаев)	2	14,3	11	78,6	14	100	1	7,1	14	100

Таблица 3

Сопоставление нарушения проведения по двигательной корешковой системе по данным ЭНМГ с замедлением выполнения теста для правой кисти

Table 3

Comparison of the violation of the motor spine system according to the ENMG data with the slowing down of the test for the right hand

Уровень по ЭНМГ	A		B		C		D		E	
	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%
C5 (7 случаев)	0	0	0	0	7	100	1	14,3	0	0
C6 (7 случаев)	1	14,3	6	85,7	6	85,7	0	0	7	100
C7 (10 случаев)	10	100	9	90	9	90	0	0	10	100
C8 (3 случая)	3	100	3	100	2	66,7	3	100	2	66,7

Сопоставление нарушения проведения по двигательной корешковой системе по данным ЭНМГ с замедлением выполнения теста для левой кисти

Comparison of the violation of the motor spine system according to the ENMG data with the slowing down of the test for the left hand

Уровень по ЭНМГ	А		В		С		D		Е	
	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%
С5 (7 случаев)	0	0	0	0	7	87,5	0	0	0	0
С6 (7 случаев)	0	0	6	0	7	100	2	25,6	7	100
С7 (10 случаев)	9	90	10	100	10	100	0	0	9	90
С8 (3 случая)	3	100	3	100	3	100	3	100	2	66,7

Следует отметить, что как в случае сопоставления результатов теста с гипо- и арефлексией, так и с данными ЭНМГ, совпадений не достигнуто в группах, где оно заведомо не ожидалось, а максимальным было в случае, если обратный жест обеспечивался сокращением мышц, имеющих присущую только им иннервацию.

Выводы:

1. Способ оценки мелкой моторики рук по патенту RU2717365C1 является достаточно чувствительным и объективным.

2. Способ может быть рекомендован больным после декомпрессии вентрального субаксиального цервикоспондиллодеза для самоконтроля с целью коррекции периодичности и содержания реабилитационных лечебных мероприятий. Тест одинаково удобен для применения как с посторонней помощью, так и без нее.

3. Применение данного способа больным не отменяет необходимости плановых диагностических мероприятий и не может их заменить.

4. Дальнейшая разработка подобных тестов может способствовать оптимизации подбора реабилитационных мероприятий и улучшить отдаленные результаты лечения.

Прозрачность исследования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях. Все авторы принимали участие в разработке концепции, дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Tasiou A, Giannis T, Brotis AG, et al. Anterior cervical spine surgery-associated complications in a retrospective case-control study. *J Spine Surg.* 2017; 3(3): 444-459. DOI: 10.21037/jss.2017.08.03.
- He J, Wu T, Ding C, Wang B, Hong Y, Liu H. Bibliometric and visualized analysis of the top 100 most-cited articles on anterior cervical surgery. *EFORT Open Rev.* 2021; 6(12): 1203-1213. DOI:10.1302/2058-5241.6.210074.
- Cheung JP, Luk KD. Complications of Anterior and Posterior Cervical Spine Surgery. *Asian Spine J.* 2016; 10(2): 385-400. DOI: 10.4184/asj.2016.10.2.385.
- Нехлопочин А.С., Мироненко Т.В., Нехлопочин С.Н. Динамика интенсивности болевого синдрома у пациентов, перенесших передний субаксиальный спондиллодез // Нервные болезни. – 2018. – № 2. – С. 32–37. [Nehlopochin AS, Mironenko TV, Nehlopochin SN. Dinamika intensivnosti boleвого sindroma u pacientov, perenessih perednij subaksial'nyj spondilodez [Dynamic of Pain Intensity in Patients after Anterior Subaxial Cervical Spinal Fusion]. *Nervnye bolezni* [Nervous Diseases]. 2018; 2: 32-37. (In Russ.)]. DOI:10.24411/2226-0757-2018-12020.
- Слынько Е.И., Нехлопочин А.С. Качество жизни пациентов после вентрального субаксиального цервикоспондиллодеза в отдаленном послеоперационном периоде // Травма. – 2019. – Т. 20, № 2. – С. 88–95. [Slyn'ko EI, Nehlopochin AS. Kachestvo zhizni pacientov posle ventral'nogo subaksial'nogo cervikospondilodeza v otdalennom posleoperacionnom periode [Quality of life of patients after ventral subaxial cervicospondylosis in the long-term postoperative period]. *Travma* [Trauma]. 2019; 20(2): 88-95. (In Russ.)]. DOI 10.22141/1608-1706.2.20.2019.168025.
- Cole TS, Almefty KK, Godzik J, et al. Functional improvement in hand strength and dexterity after surgical treatment of cervical spondylotic myelopathy: a prospective quantitative study. *J Neurosurg Spine.* 2020 Feb; 7:1-7. DOI: 10.3171/2019.10.SPINE19685.
- Omori M, Shibuya S, Nakajima T, et al. Hand Dexterity Impairment in Patients with Cervical Myelopathy: A New Quantitative Assessment Using a Natural Prehension Movement. *Behav Neurol.* 2018; 2: 5138234. Published 2018 Jul 4. DOI:10.1155/2018/5138234.
- Burr P, Choudhury P. Fine Motor Disability. *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL). 2021, Jan. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563266> [Updated 2021 Aug 11].
- Smith ZA, Barry AJ, Paliwal M, et al. Assessing hand dysfunction in cervical spondylotic myelopathy. *PLoS one.* 2019; 14(10): e0223009. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223009>
- Meiners T, Abel R, Lindel K, et al. Improvements in activities of daily living following functional hand surgery for treatment of lesions to the cervical spinal cord: self-assessment by patients. *Spinal cord.* 2002; 40(11): 574-580.
- Li R, Huang ZC, Cui HY, et al. Utility of somatosensory and motor-evoked potentials in reflecting gross and fine motor functions after cervical spinal cord contusion injury. *Neural regeneration research.* 2021; 16(7): 1323-1330. URL: <https://doi.org/10.4103/1673-5374.301486>
- Миннихметова Л.А., Тахаутдинов Р.Р. Клинико-физиологическое обоснование и основные механизмы лечебного действия физических упражнений // Проблемы и перспективы развития образования в России. – 2014. – № 31. – С.137–141. [Minniahmetova LA, Tahautdinov RR. Kliniko-fiziologicheskoe obosnovanie i osnovnye mehanizmy lechebnogo dejstviya fizicheskikh uprazhnenij [Clinical and physiological justification and

- the main mechanisms of the therapeutic effect of physical exercises]. *Problemy i perspektivy razvitiya obrazovaniya v Rossii* [Problems and prospects of education development in Russia]. 2014; 31: 137-141. (In Russ.).
13. Higo N. Effects of rehabilitative training on recovery of hand motor function: a review of animal studies. *Neurosci Res*. 2014 Jan; 78: 9-15. DOI: 10.1016/j.neures.2013.09.008/
 14. Sandrow-Feinberg HR, Izzi J, Shumsky JS, et al. Forced exercise as a rehabilitation strategy after unilateral cervical spinal cord contusion injury. *J Neurotrauma*. 2009; 26(5): 721-731. DOI: 10.1089/neu.2008.0750.
 15. Tederko P, Krasuski M, Tarnacka B. Effectiveness of rehabilitation after cervical disk surgery: a systematic review of controlled studies. *Clin Rehabil*. 2019; 33(3): 370-380. DOI:10.1177/0269215518810777.
 16. McFarland C, Wang-Price S, Gordon CR, et al. Comparison of Clinical Outcomes between Early Cervical Spine Stabilizer Training and Usual Care in Individuals following Anterior Cervical Discectomy and Fusion. *Rehabil Res Pract*. 2020; 2020: 5946152. DOI: 10.1155/2020/5946152.
 17. Peolsson A, Peterson G, Hermansen A, et al. Physiotherapy after anterior cervical spine surgery for cervical disc disease: study protocol of a prospective randomised study to compare internet-based neck-specific exercise with prescribed physical activity. *BMJ open*. 2019; 9(2): e027387. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-027387.
 18. Swanson BT, Leger RR. Physical therapy following anterior cervical discectomy and fusion: a study of current clinical practice and therapist beliefs. *International Journal of Physiotherapy*. 2015; 2(2): 399-406. DOI: 10.15621/ijphy/2015/v2i2/65249.
 19. Peolsson A, Öberg B, Wibault J, et al. Outcome of physiotherapy after surgery for cervical disc disease: a prospective randomised multi-centre trial. *BMC Musculoskeletal Disord*. 2014; 15: 34. DOI:10.1186/1471-2474-15-34.
 20. Wibault J, Öberg B, Dederling Å, et al. Structured postoperative physiotherapy in patients with cervical radiculopathy: 6-month outcomes of a randomized clinical trial. *Journal of neurosurgery. Spine*. 2018; 28(1): 1-9. DOI: 10.3171/2017.5.SPINE16736.
 21. Бут-Гусаим В.В., Ярош А.С. Методы оценки мелкой моторики и силы кисти у пациентов с центральными и периферическими парезами, возможности их использования // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. – 2017. – Т. 15, № 3. – С.356–359. [But-Gusaim VV, Jarosh AS. Metody ocenki melkoj motoriki i sily kisti u pacientov s central'nymi i perifericheskimi parezami, vozmozhnosti ih ispol'zovaniya [Methods for assessing fine motor skills and hand strength in patients with central and peripheral paresis, the possibility of their use]. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta* [Journal of the Grodno State Medical University]. 2017; 15(3): 356-359. (In Russ.). DOI 10.25298/2221-8785-2017-15-3-356-359.
 22. Grasse KM, Hays SA, Rahebi KC, et al. A suite of automated tools to quantify hand and wrist motor function after cervical spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil*. 2019; 16(1): 48. DOI:10.1186/s12984-019-0518-8.
 23. Yancosek KE, Howell D. A narrative review of dexterity assessments. *J Hand Ther*. 2009; 22(3): 258-270. DOI: 10.1016/j.jht.2008.11.004.
 24. Térémétz M, Colle F, Hamdoun S, et al. A novel method for the quantification of key components of manual dexterity after stroke. *J Neuroeng Rehabil*. 2015; 12: 64. Published 2015 Aug 2. DOI:10.1186/s12984-015-0054-0.
 25. Proud EL, Bilney B, Miller KJ, et al. Measuring Hand Dexterity in People With Parkinson's Disease: Reliability of Pegboard Tests. *Am J Occup Ther*. 2019; 73(4): 7304205050p1-7304205050p8. DOI:10.5014/ajot.2019.031112.
 26. Nardone R, Höller Y, Brigo F, et al. The contribution of neurophysiology in the diagnosis and management of cervical spondylotic myelopathy: a review. *Spinal Cord*. 2016; 54(10): 756-766. DOI: 10.1038/sc.2016.82.
 27. Патент РФ № 2717365, 23.03.2020. Померанцев А.А., Старкин А.Н. Способ оценки мелкой моторики рук // Патент России № 2018147383.2018. Бюл. № 9. [Pomerancev AA, Starkin AN. Sposob ocenki melkoj motoriki ruk [Method for assessing hand fine motor skills]. RF Patent [Patent RU]. № 2018147383.2018; 9. (In Russ.).]