

UDC 612.743+612.763
DOI: 10.56871/RBR.2024.95.20.008

ELECTROMYOGRAPHIC SIGNS OF AMBIDEXTRIA DEVELOPMENT PROGRESS

© Alexandra A. Egorova¹, Valeriya T. Beresneva¹, Dmitry P. Gladin², Anna V. Metlyayeva²

¹ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. 41 Kirochnaya str., Saint Petersburg 191015 Russian Federation

² Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

Contact information: Alexandra A. Egorova — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology.
E-mail: Aleksandra.egorova@szgmu.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7931-6184> SPIN: 4694-4934

For citation: Egorova AA, Beresneva VT, Gladin DP, Metlyayeva AV. Electromyographic signs of ambidextria development progress. Russian Biomedical Research. 2024;9(4):48–53. DOI: <https://doi.org/10.56871/RBR.2024.95.20.008>

Received: 30.09.2024

Revised: 01.11.2024

Accepted: 17.12.2024

Abstract. Introduction. The relevance of the work is due to the need to develop ambidexterity as a manual skill of future surgeons in order to speed up the performance of operations and minimize trauma to the specialist, as well as reduce the risk of blood-borne infections. Ambidexterity can be developed by performing special exercises at home, and an objective assessment of changes in the state of the neuromuscular apparatus can be carried out using surface electromyography. **The aim** of the study is to develop an effective version of exercises for the development of fine motor skills using EMG assessment of the dynamics of the functional state of the motor units of the muscles of the forearms of the non-dominant hand. **Materials and methods.** The ten-day experiment involved 10 people aged 18–23 years, who were evenly divided into two groups, which once a day performed exercises to develop fine motor skills of the fingers, and the second group additionally performed exercises to develop interhemispheric connections. EMG registration was carried out by electromyograph Biopac Student LAB Basic Systems. The reliability of differences in dependent samples was determined using the nonparametric Mann–Whitney criterion; for dependent samples, the Wilcoxon criterion was used. **Results.** Performing fine motor skills training in combination with exercises that activate the work of both hemispheres of the brain more effectively contributes to the development of motor skills of the non-working hand. The formation of interhemispheric interactions increases the number of involved motor units and the degree of their synchronization. **Conclusion.** The development of interhemispheric connections allows for more effective mastery of manipulations with the non-working hand due to the involvement of a larger number of motor units in the process of muscle contraction.

Keywords: ambidexterity, electromyography, fine motor skills

ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПРОГРЕССА РАЗВИТИЯ АМБИДЕКСТРИИ

© Александра Алексеевна Егорова¹, Валерия Тимофеевна Береснева¹,
Дмитрий Павлович Гладин², Анна Владимировна Метляева²

¹ Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова. 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41

² Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2

Контактная информация: Александра Алексеевна Егорова — к.м.н., доцент кафедры нормальной физиологии.
E-mail: Aleksandra.egorova@szgmu.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7931-6184> SPIN: 4694-4934

Для цитирования: Егорова А.А., Береснева В.Т., Гладин Д.П., Метляева А.В. Электромиографические признаки прогресса развития амбидекстрии. Российские биомедицинские исследования. 2024;9(4):48–53. DOI: <https://doi.org/10.56871/RBR.2024.95.20.008>

Поступила: 30.09.2024

Одобрена: 01.11.2024

Принята к печати: 17.12.2024

Резюме. Введение. Актуальность работы обусловлена потребностью формирования амбидекстрии как мануального навыка будущих хирургов для ускорения выполнения операций, минимизации травматизации

специалиста, а также снижения риска заболевания гемоконтактными инфекциями. Амбидекстрию можно развивать с помощью выполнения специальных упражнений дома, а объективную оценку изменений состояния нервно-мышечного аппарата проводить с помощью поверхностной электромиографии (ЭМГ). **Цель исследования** — разработка эффективного варианта упражнений для развития мелкой моторики с применением ЭМГ-оценки динамики функционального состояния двигательных единиц мышц предплечий неведущей руки. **Материалы и методы.** В десятидневном эксперименте участвовали 20 человек в возрасте 18–23 лет, которые были равномерно разделены на две группы, обе из которых один раз в сутки выполняли упражнения для развития мелкой моторики пальцев рук, вторая группа при этом дополнительно выполняла упражнения для развития межполушарных связей. Регистрация ЭМГ осуществлялась при помощи электромиографа Biopac Student LAB Basic Systems. Достоверность различий зависимых выборок определяли с помощью непараметрического критерия Манна–Уитни, для зависимых выборок применяли критерий Уилкоксона. **Результаты.** Выполнение тренинга по развитию мелкой моторики в сочетании с упражнениями, активирующими работу двух полушарий головного мозга, более эффективно способствует развитию моторики нерабочей руки. Формирование межполушарных взаимодействий увеличивает количество вовлеченных двигательных единиц и степень их синхронизации. **Выводы.** Развитие межполушарных связей позволяет более эффективно осваивать манипуляции нерабочей рукой за счет вовлечения в процесс сокращения мышц большего числа двигательных единиц.

Ключевые слова: амбидекстрия, электромиография, мелкая моторика

INTRODUCTION

Formation of manual skills is one of the elements of training surgeons in higher medical educational institutions [1]. Using not only the right but also the left hand — ambidexterity — allows not to transfer instruments from one hand to the other during surgeries, thereby having the ability to perform surgical manipulations with the non-dominant hand [2]. Ambidexterity also contributes to the more productive learning process, reduces the overall level of emotional stress and mental strain [3, 4]. The ability to use non-dominant hand minimizes trauma to the specialist, reduces the risk of various blood-borne infections. Ambidexterity in surgeons lowers the level of the patient's discomfort, increases speed and quality of the procedure, helping to reduce indicators of surgical stress and patient's rapid recovery [5].

Manual skills are usually developed using special simulators [6]. However, ambidexterity can be effectively developed by performing special exercises at home [7]. Electromyography (EMG) is used in biomechanics, ergonomics and sports research to objectively assess changes in the state of motor units (MU) [7,8]. EMG is a suitable method for assessing physiological processes occurring in the neuromuscular system during the development of special motor skills of non-dominant hand [9].

AIM

The aim of the study is to develop effective version of exercises for the development of fine motor skills using EMG — assessment of the dynamics of functional state

of motor units of muscles of the forearms of non-dominant hand.

MATERIALS AND METHODS

The ten-day experiment involved 20 people aged 18 to 23 years, who were evenly divided into two groups. Both groups performed exercises once a day to develop fine motor skills of the fingers, used in rehabilitation of patients after upper limb injuries [11]. The second group additionally performed exercises aimed at developing interhemispheric connections [12].

The changes in the state of MU of the non-dominant hand were assessed using surface EMG (recorded using BIOPAC STUDENT LAB BASIC SYSTEMS electromyograph). Statistical analysis of the data was performed using the STATISTICA program, version 6.0. The reliability of differences in dependent samples was determined using the nonparametric Mann–Whitney criterion; for dependent samples, the Wilcoxon criterion was used.

RESULTS

After a week of the experiment, the time of completing tasks with non-dominant hand (Table 1) decreased in both groups. Moreover, the students in the second group showed more significant progress compared to those in the first group.

The results of the dynamics of amplitude and frequency of the total bioelectrical activity of muscles of non-dominant hand of students in the first and second groups before the study and after a week of performing the exercises are presented in Tables 2 and 3.

Table 1

Time of completing tasks to assess fine motor skills of the non-dominant hand before and after completing a set of exercises in the first and second experimental groups

Таблица 1

Время выполнения заданий для оценки мелкой моторики неведущей рукой до и после выполнения комплекса упражнений в первой и второй экспериментальных группах

Выполняемое задание / Task to be performed	Общая выборка до выполнения комплекса, с / Total sample before the execution of the complex, sec	1-я группа после выполнения комплекса, с / 1 st group after completing the complex, sec	2-я группа после выполнения комплекса, с / 2 nd group after completing the complex, sec
Застегнуть пуговицы / Button up	43	22	18
Продеть нитку в иголку / Thread a needle	25	17	13
Вставить стержень в отверстие пуговицы (бусины) и поднять ее / Insert the rod into the hole of the button (bead) and lift it up	17	12	8
Достать спичку из коробка и зажечь ее / Take a match out of the box and light it	12	9	7
Собрать монеты с плоской поверхности, положить их в кошелек / Collect coins from a flat surface and put them in a wallet	15	10	6
Стереть ластиком предварительно нарисованные крестики / Erase the previously drawn crosses with an eraser	9	5	3
Отвинтить гайку рукой / Unscrew the nut by hand	9	5	3
Намотать нитку на катушку / Wind the thread onto the spool	8	4	3

Table 2

Maximum amplitude of oscillations on the electromyogram of the non-working hand before and after performing a set of exercises

Таблица 2

Максимальная амплитуда осцилляций на электромиограмме нерабочей руки до и после выполнения комплекса упражнений

Группа / Group	До эксперимента / Before the experiment		После эксперимента / After the experiment	
	момент максимального сокращения, мкВ / moment of maximum contraction, μ V	момент максимального расслабления, мкВ / moment of maximum relaxation, μ V	момент максимального сокращения, мкВ / moment of maximum contraction, μ V	момент максимального расслабления, мкВ / moment of maximum relaxation, μ V
1	783 \pm 362	250 \pm 167	844 \pm 366	104 \pm 37,9
2	792 \pm 38,1	180 \pm 8,3	1052 \pm 43,7*	81 \pm 2,6*

* $p \leq 0.05$, statistically significant differences, Mann-Whitney test.

* $p \leq 0.05$, статистически значимые отличия, критерий Манна-Уитни.

The mean amplitude and frequency of EMG oscillations in both groups before the study did not differ statistically significantly. After exercises, the amplitude in both groups changed in a similar way: during maximum contraction it became higher, and at the moment of relaxation it was lower than before the experiment. In students of the second group, the changes were statistically significantly different from the data before the experiment.

The frequency of EMG oscillations after a week of training changed in a similar way. In this case, students of the first group showed a significant decrease in the frequency of oscil-

lations only under conditions of maximum relaxation relative to the background. Meanwhile, in individuals of the second group, statistical differences in the frequency of oscillations on the EMG were significant both against the background of maximum contraction and with maximum relaxation.

DISCUSSION

We have shown that the motor skills of non-dominant hand of a healthy person can be significantly improved as a result of a week of training, if the exercises are performed

Table 3

Maximum oscillation frequency on the electromyogram of the non-working hand before and after performing a set of exercises

Таблица 3

Максимальная частота осцилляций на электромиограмме нерабочей руки до и после выполнения комплекса упражнений

Группа / Group	До эксперимента		После эксперимента	
	момент максимального сокращения, мкВ / moment of maximum contraction, μV	момент максимального расслабления, мкВ / moment of maximum relaxation, μV	момент максимального сокращения, мкВ / moment of maximum contraction, μV	момент максимального расслабления, мкВ / moment of maximum relaxation, μV
1	343±20	110±18,2	369±24,5	44±5,3*
2	347±24,5	79,2±10,6	460,9±43,7 *	35±5,6*

* $p \leq 0,05$, статистически значимые отличия, критерий Манна–Уитни.

* $p \leq 0.05$, statistically significant differences, Mann–Whitney test.

once a day every day. Not only the time of completing test tasks to assess fine motor skills improves, but the electrical activity of the forearm MU also changes: amplitude and frequency of oscillations during contraction increase. Students in the second group showed higher values of the maximum amplitude and frequency of contraction on the EMG. This means that as a result of the development of interhemispheric interactions, a larger number of neuromotor units were recruited, and their impulse activity increased [13].

It is shown that bimanual hand movements are associated with a symmetric facilitation of neural activity mediated by both increased intrahemispheric connectivity and enhanced transcallosal coupling of SMA and M1. The supplementary motor area is a key structure that stimulates or suppresses activity in the motor cortical network controlling uni- and bilateral hand movements [14].

The frequency and amplitude of EMG oscillations during maximum relaxation, which mainly reflect the activity of the end plates of muscle, were also lower in students of the second group. This indicates a more pronounced decrease in the tonic impulses of MU as a result of fatigue [15]. It has been previously established that the proportion of the amplitude of low- and high-frequency ranges significantly correlates with relative levels of phosphate, which may be a consequence of depletion of energy reserves in myocytes [16].

CONCLUSION

1. Exercises aimed at developing interhemispheric connections allow mastering manipulations with non-dominant hand more effectively.
2. Transcallosal coupling contributes to the involvement of a larger number of MU in contraction.
3. As a result of more effective contraction, fatigue develops in the muscles, leading to a decrease in neuronal impulses.

ADDITIONAL INFORMATION

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

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

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

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

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

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

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

REFERENCES

1. Grigor'ev N.N., Kononenko K.V., Ohotnikov O.I., Grigor'ev S.N. In: Collection of materials of the Republican scientific and practical

- conference with international participation "Medical education of the XXI century: competence-based approach and its implementation in the system of continuous medical and pharmaceutical education". Vitebsk; 2017;367–371. (In Russian).
2. Kabanov A.A. Development of a hand gesture classification system based on electromyography signals. *Omskij nauchnyj vestnik*. 2021;3(177):79–84. DOI: 10.25206/1813-8225-2021-177-79-84. (In Russian).
 3. Popadyuha Yu.A. Application of the robotic complex "Amadeo" for restoration and development of fine motor skills of the hand in patients with orthopedic trauma and neurological profile. *Sovremennye zdorov'esberegayushchie tekhnologii*. 2017;1:149–161. (In Russian).
 4. Nikishina V.B. Formation of ambidexterity in left-handed children of primary school age as a factor in learning success. In: *Materialy mezhdunarodnoj yubilejnoj konferencii k 120-letiyu so dnya rozhdeniya B.M. Teplova "B.M. Teplov i sovremennoe sostoyanie differencial'noj psihologii i differencial'noj psihofiziologii"*. Moscow; 2017:358–360. (In Russian).
 5. Medvedeva M.A., Shchigoleva E.V. Practicing manual skills of future surgeons in a training operating room as a stage of preventing blood-borne infections. *Vestnik Soveta molodyh uchyonyh i specialistov Chelyabinskoy oblasti*. 2018;2(4(23)):29–33. (In Russian).
 6. Martynova N.A., Kuz'min A.G., Alikberova M.N., Lozovickij D.V. Medical simulators as a basis for practicing surgical skills. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*. 2018;20(1):108–113.
 7. Shipiguzova S.A., Peshikov O. Development of ambidexterity among students of a medical university. V kn.: *Sbornik projektov konkursa "Vserossiyskaya nauchnaya shkola «Medicina molodaya»": Mezhdunarodnyj fond razvitiya biomeditsinskih tekhnologii im. V.P. Filatova*. Moscow; 2023:1056–1062. (In Russian).
 8. Lanskaya E.V., Lanskaya O.V. Bioelectrical activity of muscles during performance of sports movements specific to powerlifting, basketball and track and field running. *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2016;12(1):40–45. DOI: 10.18411/lj2016-3-20. (In Russian).
 9. Rukina N.N., Kuznetsov A.N., Borzikov V.V., Komkova O.V., Belova A.N. Surface electromyography: its role and potential in the development of exoskeleton (review). *Sovremennye tekhnologii v medicine*. 2016;8(2):109–118. DOI: 10.17691/stm2016.8.2.15.
 10. Maitland S., Hall J., McNeill A., Stenberg B., Schofield I., Whittaker R. Ultrasound-guided motor unit scanning electromyography. *Muscle Nerve*. 2022;66(6):730–735. DOI: 10.1002/mus.27720.
 11. Chernyakevich O.M., Kalyuzhin V.G. Correctional and developmental program for fine motor skills development after ischemic stroke. *Nauka — obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike*. V kn.: *Materialy XX (67) Regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii prepodavatelej, nauchnyh sotrudnikov i aspirantov: v 2 t. T. 1*. Vitebsk; 2015:384–385. (In Russian).
 12. Anisimova N.V. Assessment of functional asymmetry using different methodological approaches. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2020;7:70–73. (In Russian).
 13. Carson R.G. Neural pathways mediating bilateral interactions between the upper limbs. *Brain Res Brain Res Rev*. 2005;49(3):641–662. DOI: 10.1016/j.brainresrev.2005.03.005.
 14. Grefkes C., Eickhoff S.B., Nowak D.A., Dafotakis M., Fink G.R. Dynamic intra- and interhemispheric interactions during unilateral and bilateral hand movements assessed with fMRI and DCM. *Neuroimage*. 2008;41(4):1382–1394. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2008.03.048.
 15. Allison G.T., Fujiwara T. The relationship between EMG median frequency and low frequency band amplitude changes at different levels of muscle capacity *Clin Biomech*. 2002;17(6):464–469. DOI: 10.1016/s0268-0033(02)00033-5.
 16. Habich M., Pawlinski B., Lorenc K., Sady M., Siewruk K., Zielenkiewicz P., Gajewski Z., Poznanski J., Paczek L., Szczesny P. The relationship between EMG high frequency and low frequency band amplitude changes correlates with tissue inorganic phosphate levels. *Acta Biochim Pol*. 2023;70(4):951–954. DOI: 10.18388/abp.2020_6893.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев Н.Н., Кононенко К.В., Охотников О.И., Григорьев С.Н., В кн.: *Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Медицинское образование XXI века: компетентностный подход и его реализация в системе непрерывного медицинского и фармацевтического образования»*. Витебск; 2017;367–371.
2. Кабанов А.А. Разработка системы классификации жестов руки на основе сигналов электромиографии. *Омский научный вестник*. 2021;3(177):79–84. DOI: 10.25206/1813-8225-2021-177-79-84.
3. Попадюха Ю.А. Применение роботизированного комплекса «Amadeo» для восстановления и развития мелкой моторики кисти у больных ортопедотравматологического и неврологического профиля. *Современные здоровьесберегающие технологии*. 2017;1:149–161.
4. Никишина В.Б. Формирование амбидекстрии у леворуких детей младшего школьного возраста как фактор успешности обучения. В кн.: *Материалы международной юбилейной конференции к 120-летию со дня рождения Б.М. Теплова «Б.М. Теплов и современное состояние дифференциальной психологии и дифференциальной психофизиологии»*. М.; 2017:358–360.
5. Медведова М.А. Щиголева Е.В. Отработка мануальных навыков будущих хирургов в условиях учебной операционной как этап профилактики заражения гемоконтактными инфекциями. *Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области*. 2018;2(4(23)):29–33.
6. Мартынова Н.А., Кузьмин А.Г., Аликберова М.Н., Лозовицкий Д.В. Медицинские тренажеры как базис для отработки хирургических навыков. *Здоровье и образование в XXI веке*. 2018;20(1):108–113.
7. Шипигузова С.А., Пешиков О. Развитие амбидекстрии среди студентов медицинского вуза. В кн.: *Сборник проектов конкурса «Всероссийская научная школа «Медицина молодая»»: Меж-*

- дународный фонд развития биомедицинских технологий им. В.П. Филатова. М.; 2023: 1056–1062.
8. Ланская Е.В., Ланская О.В. Биоэлектрическая активность мышц при выполнении спортивных движений, специфичных для пауэрлифтинга, баскетбола и легкоатлетического бега. Тенденции развития науки и образования. 2016;12(1):40–45. DOI: 10.18411/lj2016-3-20.
 9. Rukina N.N., Kuznetsov A.N., Borzikov V.V., Komkova O.V., Belova A.N. Surface electromyography: its role and potential in the development of exoskeleton (review). *Sovremennye tehnologii v medicine*. 2016;8(2):109–118. DOI: 10.17691/stm2016.8.2.15.
 10. Maitland S., Hall J., McNeill A., Stenberg B., Schofield I., Whittaker R. Ultrasound-guided motor unit scanning electromyography. *Muscle Nerve*. 2022;66(6):730–735. DOI: 10.1002/mus.27720.
 11. Чернякевич О.М., Калюжин В.Г. Коррекционно-развивающая программа развития мелкой моторики после ишемического инсульта. Наука — образованию, производству, экономике. В кн.: Материалы XX (67) Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов: в 2 т. Т. 1. Витебск; 2015:384–385.
 12. Анисимова Н.В. Оценка функциональной асимметрии с использованием разных методических подходов. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2020;7:70–73.
 13. Carson R.G. Neural pathways mediating bilateral interactions between the upper limbs. *Brain Res Brain Res Rev*. 2005;49(3):641–662. DOI: 10.1016/j.brainresrev.2005.03.005.
 14. Grefkes C., Eickhoff S.B., Nowak D.A., Dafotakis M., Fink G.R. Dynamic intra- and interhemispheric interactions during unilateral and bilateral hand movements assessed with fMRI and DCM. *Neuroimage*. 2008;41(4):1382–1394. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2008.03.048.
 15. Allison G.T., Fujiwara T. The relationship between EMG median frequency and low frequency band amplitude changes at different levels of muscle capacity *Clin Biomech*. 2002;17(6):464–469. DOI: 10.1016/s0268-0033(02)00033-5.
 16. Habich M., Pawlinski B., Lorenc K., Sady M., Siewruk K., Zielenkiewicz P., Gajewski Z., Poznanski J., Paczek L., Szczesny P. The relationship between EMG high frequency and low frequency band amplitude changes correlates with tissue inorganic phosphate levels. *Acta Biochim Pol*. 2023;70(4):951–954. DOI: 10.18388/abp.2020_6893.