Дата публикации: 01.06.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_02_9
УДК 612.811.4; 612.812

Publication date: 01.06.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_02_9
UDC 612.811.4; 612.812

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВКИ ДИСКРЕТНОГО РАССЛАБЛЕНИЯ МЫШЦ ПРЕДПЛЕЧЬЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ МАНУАЛЬНОГО НАВЫКА

Е.С. Иконникова[1], П.Д. Бобров[2], А.А. Мельников[1], В.Г. Васенина[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия
[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Аннотация. Эффективность мануального прохождения лабиринта определяли после специфической тренировки («Лабиринт»), тренировки силового расслабления мышц предплечья («Расслабление»), сочетанной тренировки и без воздействий. Установлено, что длина пути, плавность траектории и скоординированность суставов руки при прохождении лабиринта увеличились в группе «Лабиринт», менее существенные изменения были при сочетанной тренировке. В группе «Расслабление» не выявлено позитивных изменений. Таким образом, дополнительная тренировка силового расслабления не оказала положительного эффекта на формирование тонко-координационного мануального навыка.
Ключевые слова: тренировка дискретного расслабления, тонко-координационная тренировка, силовая проприоцепция, плавность движения.

THE INFLUENCE OF TRAINING DISCRETE RELAXATION OF FOREARM MUSCLES ON THE EFFECTIVENESS OF MANUAL SKILL LEARNING

E.S. Ikonnikova[1], P.D. Bobrov[2], A.A. Mel'nikov[1], V.G. Vasenina[1]
[1]Russian University of Sport "GTSOLIFK", Moscow, Russia
[2]Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Abstract. The effectiveness of manual completion of the buzz wire game was identified after specific training ("Buzz wire game"), training for strength relaxation of the forearm muscles ("Relaxation"), combined training and without any training. It was revealed that the path's length, the smoothness of the trajectory and the coordination of the hand joints when completing the buzz wire game increased in the "Buzz wire game" group, less significant changes were found in combined training. No positive changes were registered in the "Relaxation" group. Thus, the additional training of strength relaxation did not have a positive effect on the formation of fine skill.
Keywords: discrete relaxation training, fine motor coordination training, strength proprioception, smoothness of movement.

Введение. Мануальные двигательные навыки, то есть движения верхней конечностью, играют важную роль как в повседневной жизни, так и в спорте. Например, умение быстро и ловко управлять кухонными приборами делает приготовление пищи более эффективным и удобным. Водить машину, играть на музыкальных инструментах, выполнять удары и передачи мяча в баскетболе, волейболе, гандболе – везде нужны мануальные навыки.

Человек в процессе своей жизни постоянно обучается новым, совершенствует известные движения, а в случаях многих нервных патологий, например при инсультных гемипарезах, восстанавливает утраченные мануальные навыки. Существует значительное количество методических подходов, способствующих эффективности формирования двигательных навыков. Среди них особый интерес представляет подход, в основе которого

лежит развитие способности к расслаблению мышцы после напряжения [1]. Процесс расслабления является неотъемлемой фазой любого двигательного действия. Скорость, своевременность и точность снижения мышечного усилия являются важным составляющими высокоэффективного двигательного действия [2]. В частности, показано, что у элитных бадминтонистов пик мышечной активности отмечается до момента удара ракеткой по волану, за которым следует быстрое расслабление мышц ударяющей руки. Напротив, у неквалифицированных игроков ведущие мышцы остаются длительно активными после удара [3]. Также в другой работе было показано, что расслабление мышц бедра с помощью встряхивания в периоды кратковременного отдыха между прыжками способствовало поддержанию более высоких прыжков по сравнению со спокойным пассивным отдыхом [4]. Таким образом, можно полагать, что развитие способности к расслаблению может быть эффективным методом повышения эффективности двигательного обучения.

В связи с этим, цель нашей работы – выявить эффекты тренировки дискретного силового расслабления мышц предплечья на эффективность формирования тонкокоординационного мануального навыка. В качестве изучаемого целевого мануального навыка у нас было прохождение проволочного лабиринта кистевым крючком. Способность к расслаблению тренировали с помощью упражнений дискретного расслабления мышц – пронаторов и супинаторов предплечья, которые активно вовлечены в формируемый мануальный навык.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 40 здоровых добровольцев (из них 20 мужчин) в возрасте 18-35 лет с правосторонним мануальным профилем, путём рандомизации составившие 4 группы по 10 человек.

Группа «Контроль» (n=10, 4 муж. / 6 жен., возраст – 21,7±1,3 года) не выполняла никаких воздействий.

Группа «Координация» (n=10, 5 муж. / 5 жен., возраст – 24,8±3,8 года) тренировала (n=10) только прохождение «Лабиринта» (рис. 1), которое заключалось в непрерывном проведении металлическим крючком через изогнутую проволоку лабиринта (длина – 82 см) с максимальной скоростью, не касаясь лабиринта в течение 5 минут в 3 подходах (интервал отдыха 5 – мин).

Группа «Дискретное расслабление» (n=10, 7 жен./3 муж., возраст – 21,5±1,8 года) тренировала только способность дискретно, то есть на заданный уровень, расслаблять пронаторы и супинаторы предплечья после их изометрического напряжения. За тренировку (30 мин) испытуемые выполняли статическую пронацию (2,5 мин), супинацию (2,5 мин) неподвижного деревянного джойстика (рис. 2), после чего следовал отдых (5 мин). Испытуемый, удерживая кистью джойстик, выполнял изометрическое сокращение пронаторов или супинаторов предплечья с последующим постепенным расслаблением до заданного уровня (80%→60%→40%→20%→0% от максимального произвольного усилия), ориентируясь на зрительную обратную связь о развиваемом усилии на мониторе по электромиограмме (ЭМГ). Данный методический подход для тренировки расслабления мышц рук и ног был апробирован в работах [1-2]. Степень мышечного напряжения определялась с помощью регистрации накожной огибающей ЭМГ (АПК «Траст-М», Neurocore, Москва) в области проекции круглого пронатора предплечья (для оценки пронации) и наружной головки бицепса плеча (для оценки супинации).

Группа «Сочетанная» (n=10, 3 жен./ 7 муж., возраст – 23,9±3,7 года) использовала обе вышеописанные тренировки (n=10): в течение 30 мин испытуемые выполняли 5 мин силового расслабления на джойстике и 5 мин координационного упражнения с лабиринтом без периода отдыха.

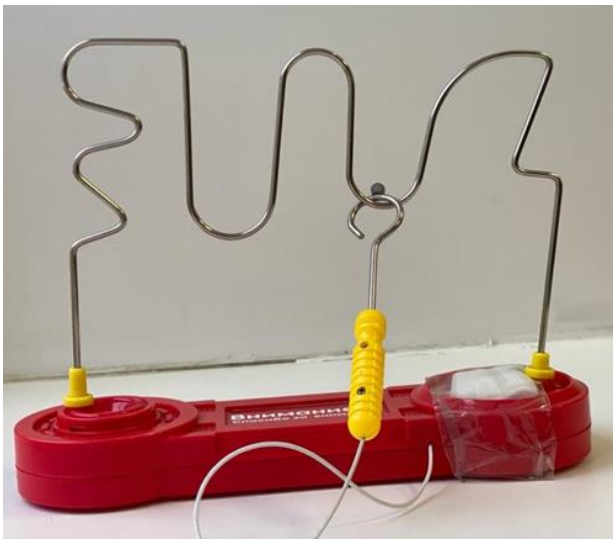


Рис. 1. Лабиринт, использовавшийся для тренировки в группах «Координация» и «Сочетанная»



Рис. 2. Джойстик, использовавшийся для тренировки дискретного расслабления пронаторов и супинаторов предплечья

Оценка кинематических показателей правой конечности. Кинематику верхней конечности оценивали с помощью оптической системы Vicon (Nexus 2.12; Oxford Metrics Group, Оксфорд, Великобритания), оснащенной шестнадцатью синхронизированными камерами (100 Гц). Всего было использовано 23 светоотражающих маркера (диаметр 15 мм) для определения траектории движений верхней конечности (головы, корпуса, руки, предплечья и кисти). Трехмерные координаты каждого маркера и скорость их движения были рассчитаны с помощью программного обеспечения Nexus 2.12 (Великобритания).

Оценка эффективности прохождения лабиринта. Эффективность тренировок в совершенствовании прохождения лабиринта оценивали по следующим показателям:

1) количеству ошибок во время прохождения лабиринта в течение 3 минут;

2) длине пути лабиринта (в мм), пройденного за 3 минуты;

3) времени прохождения лабиринта (82 см) в одном направлении (в с);

4) плавность прохождения лабиринта в одном направлении оценивали по показателю «Длина дуги спектра скорости» (spectral arc length, SPARC).

Показатель плавности траектории вычислялся для одного маркера, установленного на тыльной стороне ладони, удерживающей крючок. Величины SPARC рассчитывали по формуле (рис. 3), описанной в [5].

$$\mathrm{SPARC} \triangleq -\int_0^{\omega_c} \sqrt{\left(\frac{1}{\omega_c}\right)^2 + \left(\frac{dV'(\omega)}{d\omega}\right)^2}\, d\omega,$$

$$V'(\omega) \triangleq \frac{V(\omega)}{V(0)}$$

Рис. 3. Формула расчёта показателя «Длина дуги спектра скорости» (SPARC)
Примечание: ω_c =20 Гц; V(ω) – спектр амплитуды Фурье v(t); (0, ωc) – полоса частот, равная 0-20 Гц; V'(ω) – нормализованный по амплитуде спектр амплитуд

5) скоординированность движений оценивалась как процент дисперсии колебаний суставных углов, объясняемый первыми двумя главными компонентами (the amount of accounted variance, AccVar, %). Анализ главных компонент выполнен для амплитуд колебаний 7-ми суставных углов: двух в лучезапястном суставе; двух в локтевом суставе; трех в плечевом суставе. Данный показатель был предложен в работе [6] для оценки координации движений в суставах, высокие значения этого показателя можно трактовать как возникновение небольшого числа двигательных синергий, обеспечивающих выполнение двигательной задачи.

Статистика. Эффект тренировок внутри групп оценивали с помощью парного критерия Вилкоксона. Различия показателей между группами определяли с помощью непараметрического однофакторного анализа Краскела-Уоллиса и post-hoc критерия Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. Расчеты выполнены в программе Statistica v12.

Результаты исследования и их обсуждение. У испытуемых, тренировка которых включала прохождение лабиринта (группы «Координация» и «Сочетанная»), произошло снижение количества ошибок во время прохождения лабиринта ($p<0,01$ для обеих групп, рис. 4) и длины пройденного пути ($p<0,05$ для обеих групп, рис. 5).

За тренировочный период в группах «Координация» и «Сочетанная» произошло увеличение пройденного пути лабиринта за 3 минуты (рис. 5), а также в этих же группах уменьшилось количество ошибок во время прохождения лабиринта, а их количество стало меньше по сравнению с группами «Дискретное расслабление» и «Контроль» ($p<0,05$).

SPARC увеличилась только в группе «Координация» и стала выше по сравнению с группами «Дискретное расслабление» и «Контроль» (рис. 6а). Показатель координации – AV, увеличился также только в группе «Координация» и стал больше, чем в группах «Сочетанная» и «Дискретное расслабление» (рис. 6б).

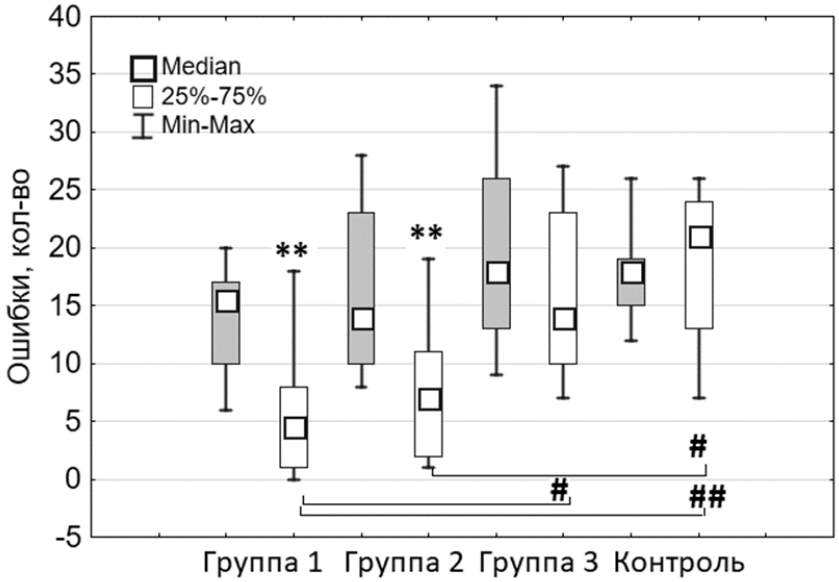


Рис. 4. Количество ошибок во время прохождения «Лабиринта» в группах до и после эксперимента (медиана ± 25-75% ± минимальное и максимальное значение)

Примечание: серые прямоугольники – до, белые прямоугольники – после эксперимента; группа 1 – «Координация»; группа 2 – «Сочетанная»; группа 3 – «Дискретное расслабление»; ** – $p<0,01$ по сравнению с данными до эксперимента по парному критерию Вилкоксона; #/## – $p<0,05/0,01$ по сравнению со значениями в указанных линиями группах для данных после тренировки по критерию Манна-Уитни с поправкой Бонферрони

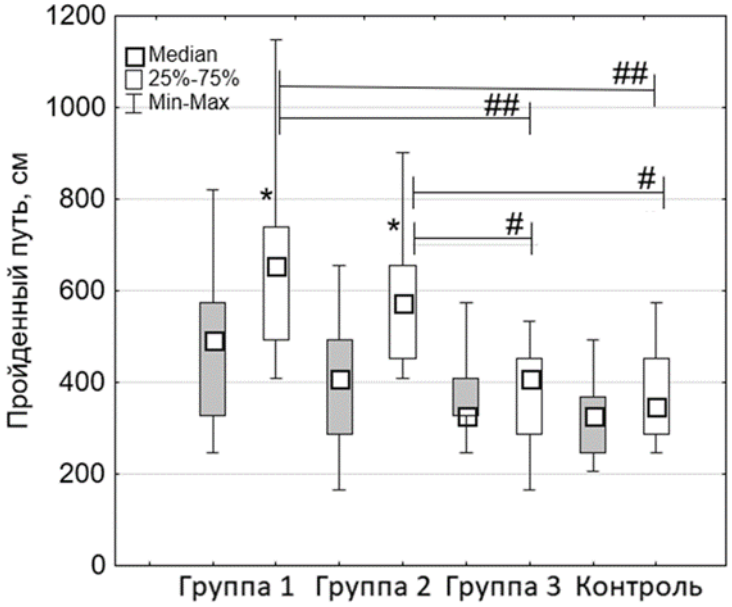


Рис. 5. Пройденный путь лабиринта за 3 минуты в группах до и после курса тренировок (медиана ± 25-75% ± минимальное и максимальное значение)

Примечание: серые прямоугольники – до, белые прямоугольники – после эксперимента; группа 1 – «Координация»; группа 2 – «Сочетанная»; группа 3 – «Дискретное расслабление»; * – $p<0,05$ по сравнению с данными до тренировки; #/## – $p<0,05/0,01$ между группами

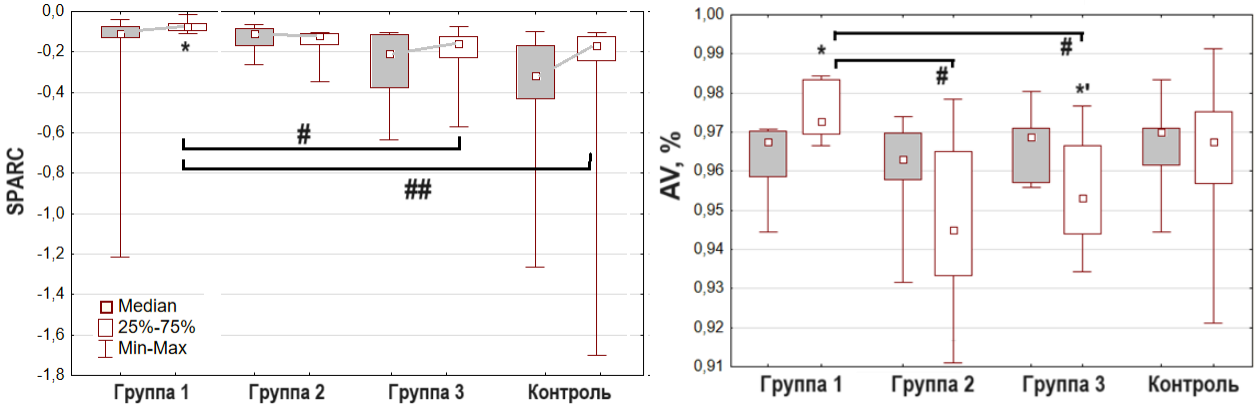


Рис. 6. Изменение показателей плавности (SPARC, рис. а) и скоординированности (AV, рис. б) прохождения лабиринта в группах за период тренировок (медиана ± 25-75% ± минимальное и максимальное значение)

Примечание: серые прямоугольники – до, белые прямоугольники – после эксперимента; группа 1 – «Координация»; группа 2 – «Сочетанная»; группа 3 – «Дискретное расслабление»; * – $p<0,05$ по сравнению с данными до тренировки; #' / # – $p<0,08/0,05$

Заключение. Как и следовало ожидать, тонко-координационная тренировка прохождения лабиринта оказалась эффективной в увеличении проходимого пути, плавности движения, скоординированности суставов правой руки при прохождении лабиринта, а также в уменьшении количества ошибок тренируемого двигательного действия. Тренировка дискретного расслабления целевых мышц, задействованных в оцениваемом действии, не вызвала позитивных изменений в скорости и плавности прохождения лабиринта. Более того, общая дисперсия колебаний во всех семи суставных углах, объясняемая первыми двумя главными компонентами, фактически снизилась, указывая на увеличение дисперсии колебаний в суставах, входящих в компоненты с меньшими собственными значениями. Это может указывать на снижение скоординированности движений в суставах руки во время целевого действия, то есть при прохождении лабиринта. Позитивные сдвиги в скорости и величине ошибок прохождения лабиринта обнаружены при сочетанной тренировке. Однако расчетные показатели плавности и скоординированности движения не изменялись, указывая на отсутствие позитивного аддитивного эффекта тренировки мышечного расслабления на формируемый тонко-координационный мануальный навык. Одна из причин отсутствия позитивного эффекта тренировки расслабления может быть связана с отсутствием силового компонента в тренируемом навыке. Кроме того, режим тренируемого мышечного расслабления, вероятно, существенно различался от режима сокращения и расслабления в целевом мануальном навыке.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации №122051700017-2.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The work was carried out under the assignment of Ministry of Healthcare of the Russian Federation No 122051700017-2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hagert, E. Proprioception of the wrist joint: a review of current concepts and possible implications on the rehabilitation of the wrist / E. Hagert // J. Hand. Ther. – 2010. – Vol. 23. – № 1. – P. 2-17.
2. Kato, K. Brain Activity Underlying Muscle Relaxation / K. Kato, T. Vogt, K. Kanosue // Front. Physiol. – 2019. – Vol. 10. – P. 1457.
3. Sakurai, S. Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton with reference to skill and practice / S. Sakurai, T. Ohtsuki // Journal Sports Science. – 2000. – Vol. 18. – P. 901-914.
4. Pinto, B. L. Voluntary Muscle Relaxation Can Mitigate Fatigue and Improve Countermovement Jump Performance / B. L. Pinto, S. M. McGill // J Strength Cond Res. – 2020. – Vol. 34. – № 6. – P. 1525-1529.
5. SPARC: a new approach to quantifying gait smoothness in patients with Parkinson's disease / Y. Beck, T. Herman, M. Brozgol, N. Giladi // Journal Neuroeng. Rehabil. – 2018. – Vol. 15. – № 1. – P. 49.
6. Biryukova, E. Organization of goal-directed action at a high level of motor skill: The case of stone knapping in India / E. Biryukova, B. Bril // Motor control. – 2008. – Vol. 12. – № 3. – P. 181-209.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Екатерина Сергеевна Иконникова – аспирант кафедры физиологии, ФГБОУ ВО «РУС «ГЦОЛИФК»; младший научный сотрудник группы нейроинтерфейсов, ФГБНУ «НЦН», Москва, e-mail: ikonnikovaes@list.ru.
Павел Дмитриевич Бобров – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела нейро-компьютерных интерфейсов, РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, e-mail: bobrov_pd@mail.ru.
Андрей Александрович Мельников – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии, ФГБОУ ВО «РУС «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: meln1974@yandex.ru.
Вера Геннадьевна Васенина – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, ФГБОУ ВО «РУС «ГЦОЛИФК», Москва, e-mail: vaseninav@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Ekaterina S. Ikonnikova – Post-Graduate Student of the Department of Physiology, Russian University of Sport “GTSOLIFK”; Junior Researcher of the Neural Interfaces Group, Research Center of Neurology, Moscow, e-mail: ikonnikovaes@list.ru
Pavel D. Bobrov – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Department of Brain-Computer Interfaces, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, e-mail: bobrov_pd@mail.ru
Andrej A. Mel’nikov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: meln1974@yandex.ru.
Vera G. Vasenina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology, Russian University of Sport “GTSOLIFK”, Moscow, e-mail: vaseninav@yandex.ru

Для цитирования: Влияние тренировки дискретного расслабления мышц предплечья на эффективность формирования мануального навыка / Е. С. Иконникова, П. Д. Бобров, А. А. Мельников, В. Г. Васенина // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_02_9

For citation: Ikonnikova E.S., Bobrov P.D., Mel’nikov A.A., Vasenina V.G. The influence of training discrete relaxation of forearm muscles on the effectiveness of manual skill learning. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_02_9