

DOI: <https://doi.org/10.51922/2616-633X.2025.9.2.2628>

АППАРАТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ВНИМАНИЯ

Е.М. Степанова

Учреждение «Республиканский центр олимпийской подготовки по стрелковым видам спорта», аспирант Института физиологии Национальной академии наук Беларуси

УДК 615.8:159.952:616.8-07

Ключевые слова: функциональная асимметрия, альфа-ритм, нейропластичность, нейробиоуправление, аудиовизуальная вибротактильная стимуляция, аудиовизуальная стимуляция, концентрация внимания, стрелковый спорт.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ. Е.М. Степанова. Аппаратная стимуляция нейробиоуправления. *Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски*, 2025, Т. 9, № 2, С. 2628–2632.

Проведено исследование возможности аппаратной стимуляции функциональной асимметрии альфа-ритма с целью повышения эффективности нейробиоуправления у стрелков. Раскрыт принцип обучения спортсменов достижению специфического психологического

состояния оптимальной сосредоточенности перед выстрелом, основанный на повышении альфа-активности коры головного мозга. На основе полученных данных можно судить о том, что предложенный метод аудиовизуальной стимуляции позволяет ускорять освоение навыка нейробиоуправления.

HARDWARE STIMULATION OF NEUROBIOFEEDBACK CONTROL OF ATTENTION AND CONCENTRATION

A. Stsiapanava (Stepanova)

Republican Center for Olympic Training in Shooting Sports, a PhD student of the Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus

Key words: functional asymmetry, alpha rhythm, neuroplasticity, neurobiofeedback, audiovisual vibrotactile simulation, audiovisual stimulation, concentration, shooting sports.

FOR REFERENCES. A. Stsiapanava (Stepanova). Hardware stimulation of neurobiofeedback control of attention and concentration. *Neotlozhnaya kardiologiya i kardiovaskulyarnye riski* [Emergency cardiology and cardiovascular risks], 2025, vol. 9, no. 2, pp. 2628–2632.

A study was conducted to investigate the possibility of hardware stimulation of the functional asymmetry of the alpha rhythm in order to increase the effectiveness of neurobiofeedback control in shooters. We discovered the principle of training athletes to achieve a specific psychological state

of optimal concentration before a shot based on increasing the alpha activity of the cerebral cortex. The data obtained laid the basis for the judgment that the proposed method of audiovisual stimulation allows accelerating the development of the neurobiofeedback control skill.

Высшие психические процессы, связанные с восприятием и переработкой сенсорной информации, реализуются через направленность сознания, то есть благодаря акту внимания. Сосредоточение внимания является сложным процессом произвольной интенции, когда сознание волевым усилием направляется на объект восприятия. В результате сосредоточения происходит концентрация, то есть состояние удержания

внимания на объекте интенции. Являясь волевыми процессами, сосредоточение и концентрация могут рассматриваться как развиваемые навыки [1], которые полезны не только в любой сознательной деятельности индивида, но и неотъемлемо важны в некоторых профессиональных сферах, например, связанных с управлением сложной инженерной техникой или использованием стрелкового оружия.

В этой связи научный интерес вызывает состояние концентрации во время стрельбы. Анализ литературы [2–13] позволил обратить внимание на гипотезу о формировании особого состояния альфа-активности мозга у стрелков высокой квалификации во время концентрации внимания при успешном выстреле. Исследователи столкнулись с парадоксальной для нормальной электрофизиологии картиной электроэнцефалограммы (ЭЭГ), поскольку у спортсменов в активном состоянии с открытыми глазами регистрировался выраженный альфа-ритм. Также согласно, некоторым исследованиям, [5, 8, 11, 12, 13] обнаруживалась асимметрия выраженности альфа-активности в отведениях Т3 и Т4. Из чего было сделано предположение, что такое функциональное состояние характеризует опытных стрелков перед выстрелом и обуславливает высокую результативность стрельбы.

Согласно классическим представлениям в электрофизиологии, альфа-ритм коры головного мозга выражен в спокойном состоянии с закрытыми глазами. Поэтому альфа-активность принято связывать с ослаблением зрительного восприятия. Открывание глаз и фокусировка внимания в норме приводят к депрессии альфа-ритма [4, 7]. Сложнокоординационная деятельность в процессе подготовки к выстрелу и прицеливания теоретически должна сопровождаться снижением альфа-активности. На практике же фиксируется обратный эффект: увеличение мощности альфа-ритма перед выстрелом [2, 6, 7, 9, 10] независимо от вида стрельбы (пулевая, из лука). Причем данный эффект отмечается только у опытных стрелков [5, 6, 11] и, соответственно, развивается в процессе обучения с ростом спортивного мастерства. Отсюда возникает первая вероятная гипотеза высокой альфа-активности перед выстрелом, которая связана с уровнем мастерства. Многоуровневая структура управления двигательной активностью подразумевает произвольную концентрацию на конкретном аспекте движения, которая при регулярном повторении приводит к автоматизации навыка и со временем уже не требует сознательного волевого контроля [7, 9]. Сенсомоторная интеграция и автоматизация сложнокоординационной деятельности у опытных спортсменов приводит к меньшей затрате энергетических ресурсов нервно-мышечного аппарата, о чем свидетельствуют данные анализа электромиографии [7, 8] и нейрогемодинамики стрелков из лука [14]. С ростом спортивного мастерства спортсменам не требуется сознательный контроль большинства фаз движения, что снижает активацию соответствующих зон мозга. Это

позволяет им оставаться более расслабленными во время выстрела и концентрироваться на внутреннем состоянии.

Рассмотрим следующий феномен, описанный в некоторых исследованиях [4, 5, 8, 12]. Это явление асимметрии альфа-ритма с преобладанием выраженности в левом височном отведении перед хорошим выстрелом [5, 8, 12, 15] и, наоборот, в правом – при промахе [13]. В качестве объяснения данного феномена предлагается гипотеза подавления внутреннего диалога. Начинаям спортсменам бывает трудно концентрироваться на стрельбе в условиях различных помех: внешних (сенсорные отвлекающие факторы) и внутренних (мысли, эмоции) [1]. Поэтому ученые предполагают [1, 4, 8], что повышение альфа-ритма в левой височной области связано со снижением активности речевых центров, в том числе мысленной речи.

Таким образом, анализ зарубежных исследований свидетельствует о высокой информативности выраженности показателя альфа-ритма ЭЭГ у стрелков, а по некоторым данным, асимметрии альфа-ритма в височных отведениях. Также способность к достижению состояния функциональной асимметрии и выраженности альфа-активности коры головного мозга связывают с уровнем профессионального мастерства и эффективности стрельбы. На основании полученных данных ученые [3, 16] исследовали возможности технологии нейробиоуправления под контролем биологической обратной связи (БОС), чтобы обучать спортсменов сознательно эмулировать состояние функциональной асимметрии, необходимое для повышения эффективности стрельбы. Один из таких тренингов функциональной асимметрии ЭЭГ для спортсменов был использован в нашем исследовании.

Цель исследования. Изучить влияние аудиовизуальной стимуляции на эффективность освоения навыка нейробиоуправления у стрелков.

Материалы и методы. В исследовании приняли добровольное участие 8 спортсменов высокой квалификации (стрельба из лука, современное пятиборье; ср. возраст $22 \pm 4,5$). Для проведения тренингов нейробиоуправления использовалось программно-методическое обеспечение (ПМО) «БОС-Реакор» (ООО НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог, Россия). Испытуемые прошли от 2 до 11 сеансов, что в совокупности составило 42 сеанса. После фильтрации по качеству записи физиологических сигналов в итоговый анализ вошли данные 3 стрелков высокой квалификации, прошедших курс БОС-тренингов функциональной асимметрии ЭЭГ для спортсменов с контролем ЧСС и кожной проводимости, что в совокупности составило

Таблица 1. Факторный анализ. БОС-тренинги функциональной асимметрии (n = 5)

Table 1. Factor analysis. BFB training sessions on functional asymmetry (n = 5)

	Компонента		
	1	2	3
Альфа-индекс (ТЗ) / alpha index	0,38	0,68	-0,136
Альфа-индекс (Т4) / alpha index	0,16	0,83	0,060
ЧСС, уд/мин / HR, bpm	0,70	0,06	0,496
КПР, мкСм / EDA, mCm	0,68	-0,20	-0,100
Коэффициент асимметрии / Asymmetry coefficient	-0,60	0,38	0,344
Номер сеанса / Session number	-0,52	-0,08	0,689

14 сеансов (9 с предварительной аудиовизуальной вибротактильной стимуляцией и 5 без дополнительной стимуляции).

Во время сеанса нейробиоуправления проводилась синхронная регистрация кожной проводимости (КПР), электрокардиограммы (ЭКГ), электроэнцефалограммы (ЭЭГ). ЭЭГ регистрировали по 4 отведениям ТЗ-А1 и Т4-А2 (в соответствии с системой 10–20), ЭКГ регистрировали по 2 отведениям (энцефалограф-регистратор-ЭЭГР-19/26). В ПМО предусмотрен спектральный анализ ЭЭГ с дискретным преобразованием Фурье.

На следующем этапе была произведена попытка дополнительной стимуляции функциональной асимметрии альфа-ритма. В нашем исследовании применялись сеансы аудиовизуальной вибротактильной стимуляции (АВВС), направленные на усиление α -ритма коры головного мозга (с фазовой настройкой воздействия преимущественно на левую височную долю) с выходом и без выхода в активное состояние (процедуры подбирались индивидуально с учетом режима трениро-

вок). Для проведения сеансов использовалась аудиовизуальная вибротактильная музыкальная система «Сенсориум» (ООО «Диснет», г. Москва, Россия).

Результаты и их обсуждение. Освоение навыков нейробиоуправления затруднено тем, что не имеет определенных инструкций по достижению и фиксации тренируемого состояния, поэтому требует времени и сознательных усилий спортсмена. Как можно видеть по результатам факторного анализа результатов прохождения БОС-тренингов функциональной асимметрии (табл. 1, рис. 1), по мере прохождения курса происходит медленное освоение навыка нейробиоуправления состоянием спокойной сосредоточенности, необходимого для эффективной стрельбы.

1 фактор – эффективность освоения навыка нейробиоуправления (охват дисперсии 30,7%) – свидетельствует о том, что в 30,7% случаев по мере прохождения БОС-тренингов нейробиоуправления происходит улучшение коэффициента асимметрии и снижение остальных целевых показателей (ЧСС, КПР).

2 фактор – альфа-индекс коры головного мозга (охват дисперсии 19,6%) – позволяет судить о значимости изменения только альфа-ритмов коры головного мозга.

3 фактор – не освоение навыка произвольной релаксации (охват дисперсии 16,27%) – говорит о том, что в 16,27% случаев по мере прохождения курса БОС-тренингов происходит увеличение ЧСС, что говорит о неэффективности освоения навыка произвольного расслабления.

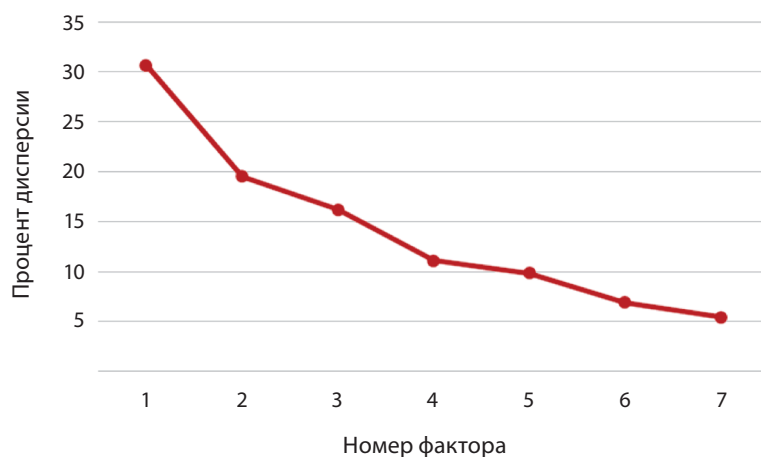
Инструментальная стимуляция процессов нейропластичности методом АВВС позволяет за короткий период влиять на переупорядочение нейронных связей за счет «когерентного сенсорного резонанса», который достигается синхронизацией зрительных, акустических и вибротактильных зон восприятия в частотах биоэлектрической активности коры головного мозга (от 2 до 110 Гц). В нашем исследовании применялись сеансы, направленные на стимуляцию альфа-ритма коры головного мозга (с фазовой настройкой воздействия преимущественно на левую височную долю). В результате (табл. 2, рис. 2) можно видеть более высокий процент эффективности и скорость освоения навыка нейробиоуправления у спортсменов, поскольку в ходе БОС-тренинга от них требуется по большей части удержание стимулируемого состояния без эмуляции.

1 фактор – эффективность освоения навыка нейробиоуправления (охват дисперсии 47,9%) – позволяет судить об изменении показателей альфа-активности коры головного мозга и других физиологических маркеров расслабления (ЧСС, КПР) после стимуляции независимо от количества сеансов.

2 фактор – освоение навыка произвольной релаксации (охват дисперсии 23,55%) –

Рисунок 1. График распределения факторных нагрузок

Figure 1. Plot of distribution of factor loads



говорит о том, что в 23,55% случаев по мере прохождения курса БОС-тренингов с АВВС происходит снижение показателей ЧСС и КПр, что говорит об эффективности освоения навыка произвольного расслабления.

Попарное сравнение средних значений мощности электрической активности коры головного мозга при выполнении заданий тренинга с исходным фоном показало значимые различия динамики α -ритма, β_1 - и β_2 -ритмов в височных отведениях ($n = 14$) по критерию Уилкоксона. Сравнение эффективности выполнения тренинга (усредненные данные по этапам выполнения заданий тренинга) без стимуляции ($n = 5$) и после стимуляции ($n = 9$) по методу Манна-Уитни показало статистическую значимость изменений α -ритма в височных отведениях.

Среди эффективных методов совершенствования внимания у стрелков ученые выделяют идеомоторную тренировку [9] и тренировку осознанности (mindfulness training) [15; 17]. Однако эти методы требуют достаточно много времени на волевое оттачивание навыка. Зачастую спортсмены не обладают достаточным запасом свободного времени, поэтому в практике спортивной психологии зарекомендовали себя методы аудиовизуального воздействия на психофизиологическое состояние спортсмена [18]. В нашем исследовании была проверена гипотеза о возможности аппаратной стимуляции с целью ускорения процесса освоения навыка спокойной концентрации внимания. По полученным данным можно судить об эффективности освоения навыка нейробиоуправления состоянием концентрации внимания при направленной аудиовизуальной стимуляции, поскольку данный подход упрощает задачу эмуляции и позволяет больше сосредоточиться на удержании целевого состояния.

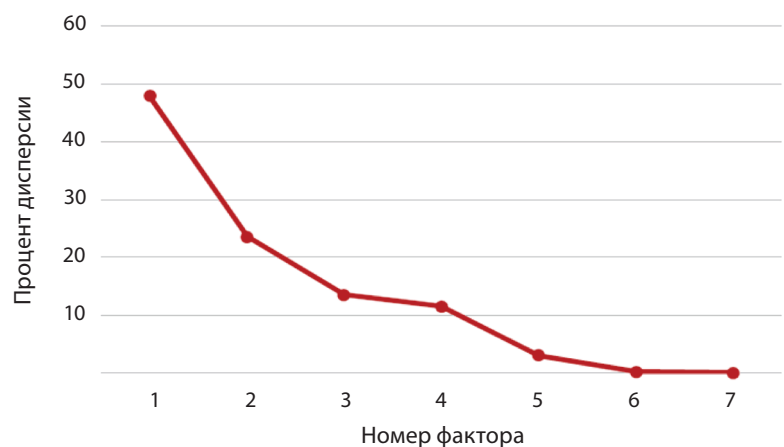
Закключение

Таким образом, анализ поэтапной динамики прохождения БОС-тренингов функцио-

	Компонента	
	1	2
Номер сеанса / Session number	-0,11	-0,63
Альфа-индекс (Т3) / alpha-index	0,97	0,04
Альфа-индекс (Т4) / alpha-index	0,94	0,16
ЧСС, уд/мин / HR, bpm	0,67	0,69
КПр, мкСм / EDA, mCm	-0,69	0,54
Коэффициент асимметрии / Asymmetry coefficient	-0,36	-0,25

Таблица 2.
Факторный анализ.
БОС-тренинги
функциональной
асимметрии после
сеансов АВВС ($n = 9$)

Table 2.
Factor analysis. BFB
sessions on functional
asymmetry after AVVS
sessions ($n = 9$)



нальной асимметрии ЭЭГ для спортсменов с контролем ЧСС и кожной проводимости показал, что повышению эффективности освоения навыков формирования особого функционального состояния концентрации внимания может способствовать дополнительная направленная аудиовизуальная вибротактильная стимуляция. Результаты исследования показали достоверное увеличение скорости освоения навыка нейробиоуправления у стрелков.

Рисунок 2.
График распределения
факторных нагрузок

Figure 2.
Plot of distribution
of factor loads

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

- Lombard M. Paying attention: the neurocognition of archery, Middle Stone Age bow hunting, and the shaping of the sapient mind. *Phenomenology and Cognitive Sciences*. 2025, vol. 24, pp. 557–581.
- Salazar W., Landers D.M., Petruzzello S.J. et al. Hemispheric asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1990, vol. 61(4), pp. 351–359.
- Landers D.M., Petruzzello S.J., Salazar W. et al. The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1991, vol. 23(1), pp. 123–129. PMID: 1997806.
- Haufier A.J., Spalding T.W., Santa Maria D.L., Hatfield B.D. Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: Comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. *Biological Psychology*. 2000, vol. 53(2–3), pp. 131–160. doi: 10.1016/S0301-0511(00)00047-8.
- Loze G.M., Collins D., Holmes P.S. Pre-shot EEG alpha power reactivity during expert airpistol shooting: a comparison of best and worst shots. *Journal of Sports Sciences*. 2001, vol. 19(9), pp. 727–733. doi: 10.1080/02640410152475856.
- Kerick S.E., Douglass L.W., Hatfield B.D. Cerebral Cortical Adaptations Associated with Visuomotor Practice. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004, vol. 36(1), pp. 118.
- Napalkov D.A., Ratmanova P.O., Kolikov M.B. Hardware methods of diagnostics and correction of the shooter's functional state: methodological recommendations. Moscow: MAKSPress, 2009, 211p. (in Russian).
- Napalkov D.A., Ratmanova P.O., Salykhova R.N., Kolikoff M.B. Electroencephalographic markers of optimal performance in marksmen. *Bulletin of Siberian medicine*. 2013, vol. 12(2), pp. 219–226. (in Russian).
- Sabirova I.A., Sedochenko S.V., Chernykh A.V. et al. Regulation of alpha-rhythm of qualified shooters using ideomotor training. *Medical, biological and pedagogical*

- foundations of adaptation, sports activities and a healthy lifestyle: collection of scientific articles of the VI All-Russian correspondence scientific and practical conference with international participation.* 2017, pp. 92–96. (in Russian).
10. Zhang J., Shi Y., Wang C. et al. Preshooting Electroencephalographic Activity of Professional Shooters in a Competitive State. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2021. — Jan 31:2021:6639865. doi: 10.1155/2021/6639865.
 11. Martins L.C.X., Russo M.T., Ribeiro P. Neural correlates of shooting sports performance: a systematic review on neural efficiency hypothesis. *Journal of physical education*. 2022, vol. 91(4), pp. 350–374.
 12. Wang K., Yan L., Hengxu L. et al. Relationship between pistol players' psychophysiological state and shot performance: Activation effect of EEG and HRV. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2023, vol. 33(1), pp. 84–98.
 13. Badarin, A.A., Antipov V., Grubov V.V. et al. Psychophysiological parameters predict the performance of naive subjects in sport shooting training. *Sensors(Basel)*. 2023, vol. 23(6), pp. 2–12. doi: 10.3390/s23063160.
 14. Qin K., Wu J., Wang S. Brain activity and motor performance under different focus of attention in shooting of elite archer: An fNIRS study. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2025, vol. 20(3), pp. 943–954.
 15. Lu Q., Li P., Wu Q. et al. Efficiency and Enhancement in Attention Networks of Elite Shooting and Archery Athletes. *Frontiers in Psychology*. 2021, vol. 12, pp. 638822.
 16. Kormilec V.S., Ereemeeva O.V., Ereemeev S.I. A placebo-controlled study of the effect of alpha brain biofeedback training on the electroencephalogram of athletes with average levels of relative power of the spectrum of heart rate variable. *Sovremennye voprosy biomeditsiny*. 2021, no. 2, pp. 91–102. (in Russian).
 17. Li P., Lu Q., Wu Q. et al. What Makes an Elite Shooter and Archer? The Critical Role of Interoceptive Attention. *Frontiers in Psychology*. 2021, vol. 12, pp. 666568.
 18. Muhamova, A.A. The timeliness of using audio-visual stimulation in work of a sport psychologist. Literature review. *Prikladnaya sportivnaya nauka*. 2022, no. 1(15), pp. 113–119. (in Russian).

Поступила 10.07.2025