

## ДИНАМИКА КОРКОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ПРИЦЕЛИВАНИИ У ЛУЧНИКОВ РАЗЛИЧНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Шестаков О.И., аспирант

Трембач А.Б., доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры адаптивной физической культуры

Контактная информация для переписки: 350015, Россия, Краснодар, ул. Буденного, 161,  
e-mail: shestakovoi@mail.ru

*Целенаправленные движения человека формируются в процессе онтогенеза, что обеспечивает успешную профессиональную и бытовую его деятельность. Физиологический механизм целенаправленных движений недостаточно разработан. Целью исследования явился анализ пространственно-временных показателей электрической корковой активности. В исследовании приняли участие 20 спортсменов-лучников различной квалификации. Задача заключалась в выполнении спортивного упражнения при стрельбе из лука. Регистрация электроэнцефалограммы (ЭЭГ) осуществлялась посредством электроэнцефалографа в 19 отведениях по системе 10-20. Запись ЭЭГ осуществлялась как в состоянии покоя, так и при прицеливании и выстреле. В программе WinEEG рассчитывались усредненные топографические карты мощности спектра ЭЭГ, разделенные по квалификации спортсменов. Построение усредненных групповых карт мощности спектра ЭЭГ осуществлялось посредством интеграции индивидуальных карт одинаково изменяющихся показателей по отведениям и диапазонам. Выделенные карты разделялись по квалификации на общегрупповые и индивидуальные. Сравнительный анализ динамики пространственно-временных показателей электроэнцефалограммы у спортсменов различной квалификации позволил определить биологические маркеры повышенной электрической активности тета- и альфа-ритмов, которые определяют высокую точность выстрела. Выявленные механизмы формирования высокоточных выстрелов позволяют в дальнейшем разработать новые методы совершенствования спортивного результата при стрельбе из лука.*

**Ключевые слова:** *целенаправленные движения, стрельба из лука, прицеливание, электроэнцефалограмма.*

Целенаправленные движения человека формируются в процессе онтогенеза как двигательный навык при моторном обучении, что обеспечивает успешную профессиональную и бытовую его деятельность. Несмотря на значительное количество исследований, физиологический механизм целенаправленных движений не достаточно разработан [1, с. 224], особенно центральных программ [2, с. 34]. Выявлению этих механизмов может служить модель высокоточных движений на примере стрельбы из лука. Целью исследования явился анализ пространственно-временных показателей электрической корковой активности у спортсменов-лучников различной квалификации.

**Методы исследования.** В исследовании приняли участие 20 спортсменов-правшей, занимающихся стрельбой из классического лука. Испытуемые имели спортивную квалификацию I разряд и кандидат в мастера спорта, возраст 17-25 лет. Все испытуемые получили подробную информацию по проводимому исследованию и дали письменное согласие на участие в эксперименте в соответствии с Хельсинской декларацией. Задача заключалась в выполнении соревновательного упражнения КЛ – 18 метров (30+30 выстрелов). Регистрация электроэнцефалограммы (ЭЭГ) осуществлялась телеметрически с помощью электроэнцефалографа «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» фирмы «Медиком МТД» г. Таганрог в 19 отведениях по системе 10-20 (Fp1; Fpz; Fp2; F3; Fz; F4; FC3; FCz; T3; C3; Cz;

C4; T4; T5; P3; Pz; P4; T6; O1; Oz; O2) с частотой опроса каналов от 4 до 35 Гц. Запись ЭЭГ осуществлялась как в состоянии покоя, так и при прицеливании и выстреле. Момент выстрела определяли по кликеру по каналу датчика двигательной активности. Рассчитывались усредненные топографические карты мощности спектра ЭЭГ с последующим их вычитанием из временного интервала прицеливания состояния покоя, посредством программы WinEEG фирмы «Мицар», каждого спортсмена в частотных диапазонах 4-8; 8-10; 10-12; 12-24; 24-35 Гц. Такой методический подход позволяет выявить специфику корковой электрической активности, которая характеризует центральную программу, обеспечивающую высокий спортивный результат. Карты мощности спектра ЭЭГ высокоточных выстрелов (10 очков) были разделены по квалификации спортсменов. Анализ ЭЭГ проводился в состоянии стоя с открытыми глазами и в фазу прицеливания перед высокоточными выстрелами. Достоверность различий исследуемых показателей ЭЭГ определялась однофакторным дисперсионным анализом в программе Statistika 10.0. Построение усредненных групповых карт мощности спектра ЭЭГ осуществлялось посредством интеграции индивидуальных карт по одинаково изменяющимся показателям по отведениям и диапазонам.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ результатов показал, что количество высокоточных выстрелов существенно различалось между высоко- и низкоквалифицированными спортсменами. Среднее количество выстрелов (10 очков) в группе КМС составило 25, а в группе I разряд – 16. Групповые карты мощности спектра ЭЭГ высококвалифицированных и низкоквалифицированных спортсменов также различались между собой. Анализ групповых карт мощности спектра ЭЭГ при высокоточных выстрелах у группы кандидатов в мастера спорта представлен на рисунке 1.

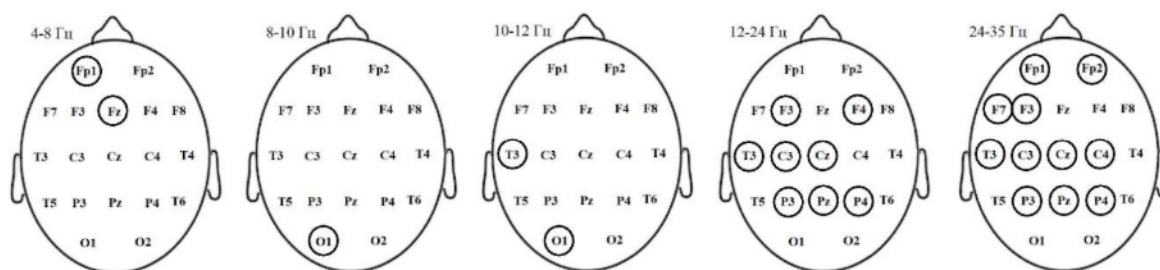


Рисунок 1 – Групповые достоверные изменения в отведениях спектра мощности ЭЭГ при вычитании из выстрела высокой точности состояния покоя в группе кандидатов в мастера спорта

В диапазоне 4-8 Гц повышение мощности спектра ЭЭГ выявлялось в следующих отведениях Fp1 и Fz, в диапазоне 8-10 Гц – в отведении O1, в диапазоне 10-12 Гц – в отведениях T3 и O1, в диапазоне 12-24 Гц – в отведениях F3, F4, T3, C3, Cz, P3, Pz, P4 и в диапазоне 24-35 Гц – в отведениях Fp1, Fp2, F7, F3, T3, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4. Динамика индивидуальных карт мощности спектра ЭЭГ высокоточных выстрелов у группы кандидатов в мастера спорта представлена на рисунке 2.



позволило оценить их взаимосвязь в отдельных частотных диапазонах. Данные представлены в таблице №1.

Таблица 1 – Среднее количество высокоточных выстрелов и корковых областей мощности спектра ЭЭГ в низко- и высокочастотных диапазонах по трем группам высококвалифицированных спортсменов, расположенных по рейтингу

Группы и диапазоны	4-8 Гц	8-10 Г	10-12 Гц	12-24 Гц	24-35 Гц	10 очков
1.	8,7±1,0	6,3±0,4	7,0±1,8	15±1,9	14,7±1,8	31,3±1,0
2.	9,3±1,0	7,6±0,4	7,7±1,0	15,0±1,2	14,7±0,4	26,7±2,2
3.	9,0±1,2	9,8±0,6*	9,2±1,4*	14,8±1,2	14,2±0,6	19,8±1,2

\* - $p \leq 0,05$

В первой группе по рейтингу (три спортсмена) среднее количество высокоточных выстрелов было максимальным. Количество областей коры больших полушарий, в которых выявлялась повышенная мощность спектра ЭЭГ, было минимальным в низкочастотных диапазонах (тета; альфа1; альфа2;). Во второй группе (три спортсмена) среднее количество корковых областей достоверно не изменялось. В третьей группе (четыре спортсмена) выявлялось существенное повышение корковых областей в диапазонах 8-10, 10-12 Гц. В низкочастотном диапазоне 4-8 Гц и высокочастотном диапазонах 12-24, 24-35 Гц количество активных корковых зон было постоянным. Увеличение активности корковых зон в диапазонах альфа1 и альфа2 ритмов ЭЭГ возрастало при снижении количества высокоточных выстрелов.

Анализ групповых карт мощности спектра ЭЭГ высокоточных выстрелах у спортсменов I разряда представлен на рисунке 3.

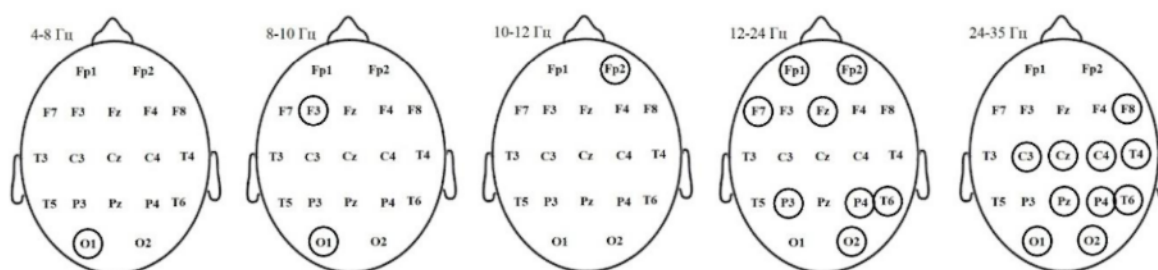


Рисунок 3 – Групповые достоверные изменения в отведениях спектра мощности ЭЭГ при вычитании из выстрела высокой точности состояния покоя в группе I разряда

В диапазоне 4-8 Гц достоверные изменения мощности спектра ЭЭГ проявлялись в отведении O1, в диапазоне 8-10 Гц – в отведениях F3, O1, в диапазоне 10-12 Гц – в отведении Fp2, в диапазоне 12-24 Гц – в отведениях Fp1, Fp2, F7, Fz, P3, P4, T6, O2, и в диапазоне 24-35 Гц – в отведениях F8, C3, Cz, C4, T4, Pz, P4, T6, O1, O2.

Динамика индивидуальных карт мощности спектра ЭЭГ высокоточных выстрелов у группы I разряда представлена на рисунке 4.

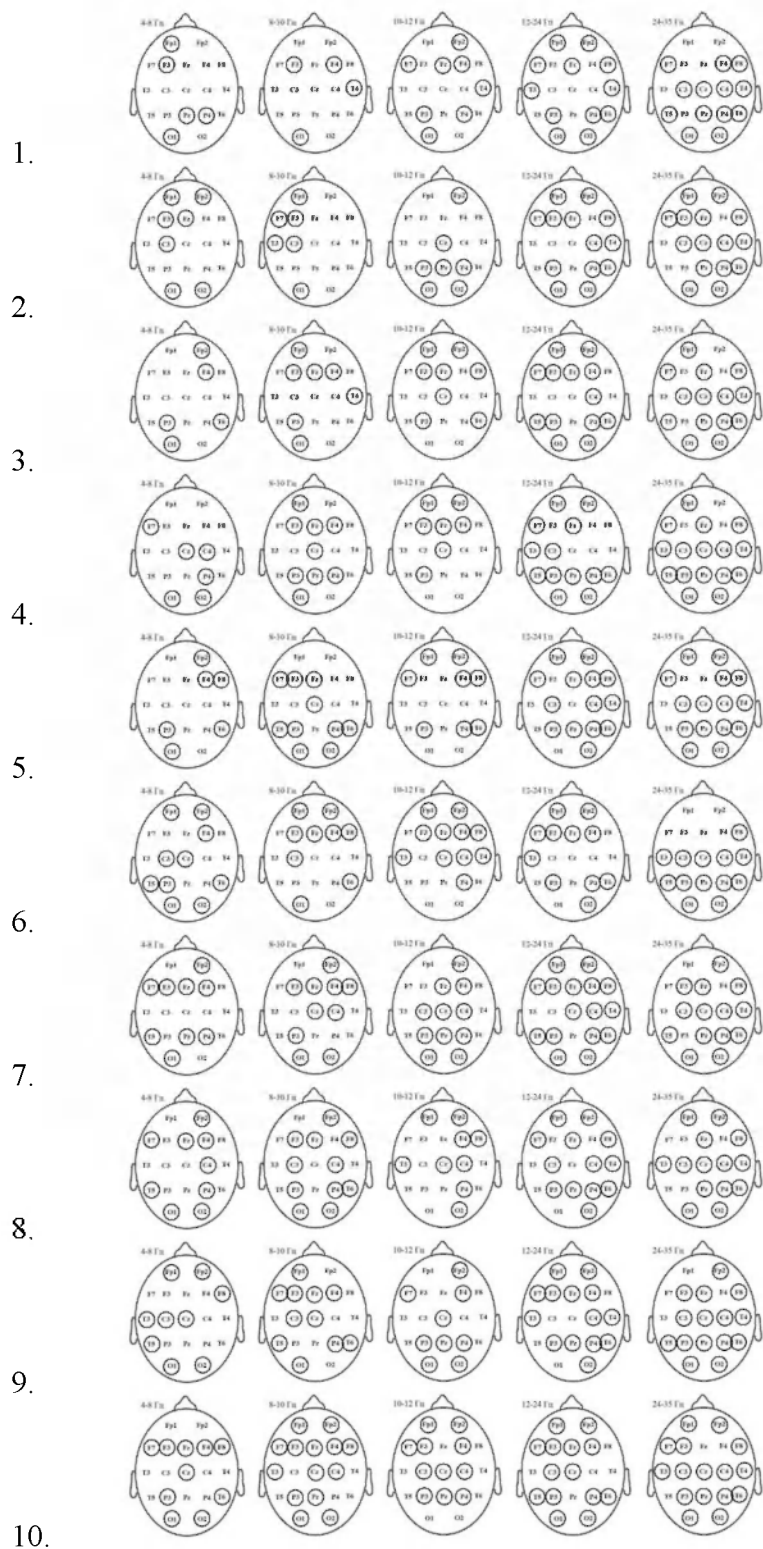


Рисунок 4 – Индивидуальные достоверные изменения в отведениях спектра мощности ЭЭГ при вычитании из выстрела высокой точности состояния покоя в группе I разряда

Карты мощности спектра ЭЭГ представлены у 10 спортсменов, расположенных по рейтингу. Количество корковых областей также существенно варьировало, как и у высококвалифицированных спортсменов. Расчет средних величин корковых полей с повышенной мощностью спектра ЭЭГ и количеством высокоточных выстрелов в выделенных группах низкоквалифицированных спортсменов представлен в таблице №2.

Таблица 2 – Среднее количество высокоточных выстрелов и корковых областей мощности спектра ЭЭГ в низко- и высокочастотных диапазонах по трем группам низкоквалифицированных спортсменов расположенных по рейтингу

Группы и диапазоны	4-8 Гц	8-10 Г	10-12 Гц	12-24 Гц	24-35 Гц	10 очков
1.	5,7±0,8	5,7±1,0	7,7±0,4	12,7±0,4	14,0±0,7	19,0±0,7
2.	7,3±1,6*	9,3±0,4*	8,7±1,5*	12,7±1,0	14,7±1,0	15,7±0,4
3.	9,3±0,3*	11,5±1,0*	10,0±0,7*	14,3±0,7	15,0±0,5	12,3±1,2

\* - $p \leq 0,05$

В первой группе по рейтингу (три спортсмена) среднее количество высокоточных выстрелов было максимальным, а активных корковых областей минимальным. Во второй группе среднее количество корковых областей существенно повышалось в диапазонах тета, альфа1 и альфа2, а в третьей группе достигало максимума. В трех группах в высокочастотных диапазонах среднее количество корковых областей достоверно не изменялось. Анализ групповых карт мощности спектра ЭЭГ показал, что у высококвалифицированных спортсменов центральная область лобных долей и зрительный центр левого полушария представляют собой обязательные нервные структуры. Тета-ритм (4-8Гц) в лобных долях обеспечивает стабильную деятельность внимания и сенсомоторную интеграцию [3, с. 70]. Повышение Альфа-ритма (8-10, 10-12 Гц) приводит к торможению внешних сигналов при прицеливании [4, с. 210; 5, с. 188]. Данный нейрофизиологический механизм является основой высокоточного выстрела. Высокочастотная электрическая активность в групповых картах определялась преимущественно в левом полушарии и обеспечивала нисходящую и восходящую афферентацию, которая обеспечивает механизм мышечной координации при прицеливании в спортивном упражнении стрельбы из лука [6, с. 289]. В индивидуальных картах динамики ЭЭГ существенное повышение корковых зон электрической активности в диапазонах 8-10 и 10-12Гц определялось при снижении высокоточных выстрелов.

У низкоквалифицированных спортсменов, I разряда, в групповых картах увеличение тета-ритма в центральных областях коры больших полушарий не проявлялось, в отличие от высококвалифицированных. Отсутствие активности тета-ритма и уменьшение альфа-ритма приводят к снижению механизмов прицеливания и количества высокоточных выстрелов. В индивидуальных топографических картах количество активных корковых зон повышалось в низкочастотных диапазонах при снижении количества точных выстрелов. Пространственное распределение высокочастотной активности в индивидуальных и групповых картах существенно не отличалось от высококвалифицированных спортсменов.

**Заключение.** Сравнительный анализ динамики пространственно-временных параметров электроэнцефалограммы у спортсменов различной квалификации позволил определить биологические маркеры повышенной электрической активности тета- и альфа-ритмов, которые определяют высокую точность выстрела. Высокочастотная корковая электрическая активность существенно не различается при прицеливании у спортсменов различной квалификации. Выявленные механизмы формирования высокоточных выстрелов позволят в дальнейшем разработать новые методы совершенствования спортивного результата при стрельбе из лука.

#### Литература:

1. Напалков Д.А. Электроэнцефалографические корреляты оптимального функционального состояния головного мозга спортсмена в стрелковом спорте / Д.А. Напалков, П.О. Ратманова, Р.Н. Салихова, М.Б. Коликов // Бюллетень сибирской медицины. – 2013. – Т. 12. – № 2. – С. 219-226.

2. Трёмбач А.Б. Нейрофизиологические механизмы целенаправленных движений различной точности на примере стрельбы из лука у высококвалифицированных спортсменов

/ А.Б. Трёмбач, О.И. Шестаков, Т.В. Пономарева, С.П. Лавриченко, Е.Р. Миниханова // Наукоемкие технологии. – № 5. – 2019. – С. 29-36.

3. Leanna C. Cruikshank Theta oscillations reflect a putative neural mechanism for human sensorimotor integration / Leanna C. Cruikshank, Anthony Singhal, Mark Hueppelsheuser, Jeremy B. Caplan // J Neurophysiol 107, 2012.- P. 65-77.

4. Nicolas Lebar On the neural basis of sensory weighting: Alpha, beta and gamma modulations during complex movements / Nicolas Lebar, Jérémy Danna, Simon Moré, Laurence Mouchnino, Jean Blouin // NeuroImage 150 (2017). – P. 200-212.

5. Ole Jensen Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: gating by inhibition / Ole Jensen, Ali Mazaheri // Front Hum Neurosci, Nov 4; 2010. – P. 186.

6. Pavlidou A. Beta oscillations and their functional role in movement perception / Anastasia Pavlidou, Alfons Schnitzler, Joachim Lange // Translational Neuroscience №5(4), 2014. – P. 286-292.

### **DYNAMICS OF CORK ELECTRIC ACTIVITY AT AIMING AT ARCHERS OF VARIOUS QUALIFICATIONS**

**Shestakov O. I.**, postgraduate student

**Trembach A. B.**, doctor of biological sciences, professor, professor of the department of adaptive physical education

Contact information for correspondence: 350015, Krasnodar, Budyonny, str. 161,  
e-mail: shestakovoi@mail.ru

*Humans goal-directed movements are formed in the process of ontogenesis, which ensures successful professional and domestic activities. The physiological mechanism of goal-directed movements is not sufficiently developed. The purpose of research was to analyze the spatio-temporal indicators of electrical cortical activity. The research involved 20 athletes of archers of various qualifications. The task was to perform a sporting exercise in archery. Registration of the electroencephalogram (EEG) was carried out by means of an electroencephalograph in 19 leads according to the 10-20 system. EEG recording was carried out both at rest, and during aiming and firing. In the WinEEG program, averaged topographic maps of the power of the EEG spectrum were calculated, divided by the qualifications of the athletes. The construction of averaged group maps of the power of the EEG spectrum was carried out by integrating individual maps according to identically varying indicators in the leads and ranges. The selected cards were divided by qualification into group-wide and individual. A comparative analysis of the dynamics of the spatio-temporal indicators of the electroencephalogram in athletes of various qualifications made it possible to determine the biological markers of increased electrical activity of Theta and Alpha rhythms, which determine the high accuracy of the shot. The revealed mechanisms for the formation of high-precision shots will allow us to further develop new methods for improving the sporting results of shooting from a bow.*

**Key words:** *goal-directed movements, archery, aiming, electroencephalogram.*