

Научная статья

УДК [612.821+591.181]:796

DOI: 10.37482/2687-1491-Z191

Электофизиологические корреляты точности выстрела у лучников разной квалификации

Олег Игоревич Шестаков* ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6795-349X>

Александр Михайлович Пухов** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8642-970X>

*Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма
(Краснодар, Россия)

**Великолукская государственная академия физической культуры и спорта
(Великие Луки, Псковская область, Россия)

Аннотация. Цель исследования – установить электрофизиологические маркеры точности выстрела лучников по корреляциям между результативностью и мощностными параметрами электроэнцефалограммы методом сопоставления показателей спортсменов разных квалификаций. **Материалы и методы.** Обследовано 20 чел., занимающихся стрельбой в дивизионе «Классический лук», которые были разделены на две группы в соответствии с квалификацией: кандидаты в мастера спорта и спортсмены I разряда, по 10 чел. в каждой. Электроэнцефалограмма регистрировалась в ходе выполнения упражнения «Выстрел из лука» на приборе «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» (ООО НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог) в 19 отведениях по системе 10–20. Референтные электроды размещались на мочках ушей. **Результаты.** Установлено, что точность выстрела высококвалифицированных лучников (кандидатов в мастера спорта) маркируется усилением мощности альфа- и тета-диапазонов электроэнцефалограммы в затылочно-височно-лобной области левого полушария в подготовительных фазах упражнения, а затем – диссоциацией мощностей данных частотных диапазонов в момент прицеливания. Точность выстрела лучников более низкой квалификации характеризуется уменьшением мощности основного ритма в височном отведении слева в первой фазе выстрела. В общей выборке испытуемых спортсменов (без учета квалификации) сколько-нибудь существенных корреляций не установлено ни в одном из 3365 случаев оценки данного аналитического параметра. Таким образом, электрофизиологические маркеры точности выстрела из лука для кандидатов в мастера спорта – одни, а для спортсменов I разряда – другие. Семикратное увеличение числа значимых корреляций ($p < 0,05$) между параметрами электроэнцефалограммы и точностью попадания у высококвалифицированных лучников по сравнению с менее квалифицированными указывает на повышение уровня развития функциональной системы целенаправленных движений «Выстрел из лука» по мере роста мастерства, свидетельствует о синергизме физиологических процессов при выполнении упражнения кандидатами в мастера спорта. Установленные факты позволят тренеру-специалисту расширить физиологическое понимание механизма целенаправленных движений, что позволит объективно прогнозировать спортивный результат.

Ответственный за переписку: Олег Игоревич Шестаков, адрес: 354002, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Конституции СССР, д. 4; e-mail: shestakovoi@mail.ru

Ключевые слова: целенаправленное движение, стрельба из лука, точность выстрела, электроэнцефалография, маркер результативности

Для цитирования: Шестаков, О. И. Электрофизиологические корреляты точности выстрела у лучников разной квалификации / О. И. Шестаков, А. М. Пухов // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 2. – С. 201-209. – DOI 10.37482/2687-1491-Z191.

Original article

Electrophysiological Correlates of Shot Accuracy of Archers with Different Sports Ranks

Oleg I. Shestakov* ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6795-349X>
Aleksandr M. Pukhov** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8642-970X>

*Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism
(Krasnodar, Russia)

**Velikiye Luki State Academy of Physical Education and Sports
(Velikiye Luki, Pskov Region, Russia)

Abstract. The **purpose** of this study was to establish electrophysiological markers of archers' shot accuracy by correlations between performance and electroencephalogram (EEG) power parameters in athletes of different ranks compared. **Materials and methods.** The research involved 20 archers shooting the classic bow, who were divided into two groups of 10 subjects each by sports rank: Candidate for Master of Sport and First-Class Sportsman. EEG was recorded using the Encephalan-EEGR-19/26 device (Medikom MTD, Taganrog) in 19 leads according to the 10–20 system. Reference electrodes were placed on the earlobes. **Results.** It was found that shot accuracy of high-level archers (Candidate for Master of Sport) is marked by an increase in alpha and theta EEG power in the occipito-temporal-frontal regions of the left hemisphere during the preparatory phases of the exercise, and then, by the dissociation of the powers of these frequency ranges while aiming. In contrast, shot accuracy of lower level archers is characterized by a decrease in the power of the main rhythm in the left temporal lead during the first phase of the shot. In the total sample of athletes (regardless of rank) no significant correlations were found in any of the 3365 cases of evaluation of this analytical parameter. Thus, the electrophysiological markers of bow shot accuracy differ between Candidates for Master of Sport and First-Class Sportsmen. The sevenfold greater number of significant correlations ($p < 0.05$) between EEG parameters and shot accuracy of Candidates for Master of Sport compared to First-Class Sportsmen indicates a high level of development of the Bow Shot functional system of purposeful movements as the skill improves, as well as testifies to the synergism of physiological processes when performing the exercise by Candidates for Master of Sport. The established facts will expand coaches' physiological understanding of the mechanism of purposeful movements in order to objectively predict sports results.

Keywords: purposeful movement, archery, shot accuracy, electroencephalography, performance marker

For citation: Shestakov O.I., Pukhov A.M. Electrophysiological Correlates of Shot Accuracy of Archers with Different Sports Ranks. *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 2, pp. 201–209. DOI: 10.37482/2687-1491-Z191

Corresponding author: Oleg Shestakov, address: ul. Konstitutsii SSSR 4, Sochi, 354002, Krasnodarskiy kray, Russia; e-mail: shestakovoi@mail.ru

Государственная программа Российской Федерации «Развитие физической культуры и спорта» нацелена, среди прочего, на повышение конкурентоспособности отечественного спорта на международной арене, в частности на рост индекса физического объема инвестиций в основной капитал по виду экономической деятельности «Деятельность в области спорта»¹. В этом отношении исследование физиологических механизмов результативности целенаправленных движений (ЦД) в таком медалеемком и в то же время редком виде спорта в России, как стрельба из лука [1], является перспективным.

Современными физиологами ЦД, как и многие другие функции, анализируются в масштабах целостного организма, однако именно ЦД лучников изучены слабо [2]. Организменная интеграция функций в значительной степени зависит от развитости церебрального коннектома [3], расшифровка которого может осуществляться электроэнцефалографически с применением корреляционного анализа [4]. Тем не менее в большей части доступной литературы встречаются не столько конкретные физиологические факты, маркирующие ЦД лучника, сколько методические рекомендации либо предпосылки к получению таких сведений [5–7]. Это может расцениваться как заданный вектор на пути поиска электрофизиологических маркеров для более детальной расшифровки специфического механизма ЦД на примере стрельбы из лука.

Цель настоящего исследования – установить электрофизиологические маркеры точности выстрела лучников по корреляциям между результативностью и мощностными параметрами электроэнцефалограммы (ЭЭГ) методом сопоставления показателей спортсменов разных квалификаций.

Материалы и методы. Было обследовано 20 спортсменов-правшей, которые занимаются

стрельбой в дивизионе «Классический лук». Испытуемые были разделены на две группы в соответствии с квалификацией: кандидаты в мастера спорта (КМС) и спортсмены I разряда, по 10 чел. в каждой. Средний возраст находился в диапазоне $19,50 \pm 3,49$ года, именно на этот период, по современным данным [8], приходится психофизиологический подъем параболы спортивной результативности. Стаж спортивной деятельности испытуемых составлял от 2 до 12 лет. Все они получили подробную информацию о планируемых манипуляциях и дали письменное согласие на участие в исследовании, которое осуществлялось в соответствии с Хельсинкской декларацией (редакция 2013 года).

Измерения проводились в условиях, моделирующих соревновательную деятельность. Регистрация ЭЭГ выполнялась с помощью электроэнцефалографа «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» (ООО НПКФ «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). ЭЭГ оценивалась в полосе частот от 4 до 35 Гц. Референтные электроды размещались на мочках ушей. Запись осуществлялась в следующей последовательности: 1) регистрация ЭЭГ в исходном положении (стоя с открытыми и закрытыми глазами, по 1 мин на каждую пробу); 2) регистрация ЭЭГ в позиции предварительной подготовки (с открытыми глазами, в течение 30 с); 3) регистрация ЭЭГ в ходе выполнения зачетных выстрелов по мишени (учитывались 3–15-секундные фрагменты записи ЭЭГ во время прицеливания в период неподвижности головы); 4) фиксация результатов попаданий, 2-минутный отдых и возвращение ко 2-му этапу регистрации ЭЭГ. Кликер механически включал световой маркер и отображался на ЭЭГ как небольшой пик амплитуды. Зрительный контроль регистрировался с помощью датчиков электроокулограммы (ЭОГ) справа и

¹О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Развитие физической культуры и спорта»: постановление Правительства РФ от 14 апр. 2021 г. № 592. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202104190014> (дата обращения: 24.05.2023).

слева, что позволяло установить начало фазы прицеливания, которое определяется не только укладкой опорной руки под челюсть, но и переводом взгляда с кликера на прицел. Данное движение глазных яблок четко прослеживалось на записи ЭЭГ датчиком ЭОГ. Телеметрическая регистрация показателей ЭЭГ позволяла испытуемому выполнять спортивное упражнение в естественных условиях. Моторная задача заключалась в максимальной точности попадания стрелы в мишень с расстояния 18 м в специально оборудованном помещении. Каждый испытуемый выполнял 2 подхода по 10 серий из 3 выстрелов, с интервалом между подходами 15 мин. Выстрелы разной результативности были разделены на высокоточные (10 очков) и низкоточные (8, 7, 6 очков). Попадания достоинством в 9 очков анализу не подвергались.

Статистическая обработка результатов проводилась стандартными методами с использованием программы Microsoft Excel. Осуществлялся корреляционный анализ полученных данных по коэффициенту Пирсона. Оценивались связи между индивидуальными параметрами точности выстрела лучников разной квалификации и в общей выборке (без учета квалификации) с абсолютными значениями мощности спектров ЭЭГ ($\text{мкВ}^2/\text{с}$) в динамике выполнения упражнения. При этом каждый лучник предоставлял две варианты для вариационного ряда: от точного, и от неточного попадания в цель. Различия считались статистически достоверными в случае достижения уровня значимости $p < 0,05$.

Результаты. Из 7 фаз упражнения «Выстрел из лука», идентифицированных нами ранее [9], наиболее электрофизиологически результативными в рамках поставленной цели и наиболее функционально значимыми оказались: 1-я фаза – «Подготовка»; 2-я фаза – «Изготовка»; 6-я фаза – «Прицеливание», поэтому в *таблице* (фрагмент) представлены преимущественно левые отведения ЭЭГ, мощностные параметры которых отчетливо (для межквалификационного сравнения) коррелировали с точностью выстрела. Из *таблицы* видно, что

именно альфа- и тета-диапазоны ЭЭГ были связаны с показателем точности у КМС (7 статистически значимых корреляций, $p < 0,05$) и только частотный диапазон альфа-2 (10–13 Гц) в левом передне-височном отведении – у спортсменов I разряда (единожды). В общей выборке испытуемых сколько-нибудь существенных корреляций не установлено ни в одном из 3365 случаев оценки данного аналитического параметра.

Примечательно, что у КМС точность выстрела характеризовалась значимыми изменениями мощности тета- и альфа-ритма в фазах подготовки, изготовления и прицеливания в отличие от спортсменов I разряда. Так, например, в левых лобных отделах мощность тета-волн сначала усиливалась (1-я фаза: $r = 0,45$; $p < 0,05$), а затем, к моменту прицеливания – ослабевала (6-я фаза: $r = -0,69$; $p < 0,05$), хотя и оставалась повышенной при сопоставлении с фоновой записью.

Обсуждение. Сравнение результатов корреляционного анализа было нацелено на выявление общности и различий спортсменов исследуемых групп. Прежде всего общим фактором стала вовлеченность участников обеих групп во время 1-й (подготовительной) фазы в физиологический механизм формирования точного выстрела. Это подчеркивает важность и универсальность психологического настроя [10], упреждающего выполнение последующих фаз упражнения. Отсутствие искомым связей в общей выборке свидетельствует о том, что единых маркеров ЭЭГ для всех лучников, вероятно, не существует. Во всяком случае, таковые нами не были обнаружены. В то же время отчетливо определяются маркеры точности выстрела лучников разных квалификаций, что иллюстрирует их специфические электрофизиологические различия:

1. Из *таблицы* видно, что основной параметр с зеркально-противоположной направленностью корреляций у двух групп испытуемых в фазе подготовки – выраженная связь между точностью попадания и мощностью высокочастотного альфа-ритма в отведении ТЗ. У КМС (в отличие от спортсменов I разряда) на

Корреляция (r) точности выстрела лучников разной квалификации с абсолютными значениями мощности спектров ЭЭГ в динамике выполнения упражнения (фрагмент)

Correlation (r) of shot accuracy of archers of different ranks with the absolute power of the EEG spectra in exercise dynamics (fragment)

Группа	Отведение (диапазон волны)			
	O1 (альфа-1)	Fp1 (тета)	T3 (альфа-2)	кросс-спектр T5-O1 (альфа-1)
<i>1-я фаза – «Подготовка»</i>				
КМС ($n = 20$)	0,65	0,45	0,54	0,52
1-й разряд ($n = 20$)	-0,09	-0,23	-0,54	-0,07
Все ($n = 40$)	-0,06	0,16	-0,21	-0,09
<i>2-я фаза – «Изготовка»</i>				
КМС ($n = 20$)	-0,21	-0,15	0,47	-0,35
1-й разряд ($n = 20$)	0,07	0,07	0,04	0,31
Все ($n = 40$)	-0,05	-0,04	-0,07	0,16
<i>6-я фаза – «Прицеливание»</i>				
КМС ($n = 20$)	0,02	-0,69	0,44	-0,10
1-й разряд ($n = 20$)	-0,26	-0,32	-0,23	-0,19
Все ($n = 40$)	-0,21	-0,24	-0,18	-0,17

Примечание. Полужирным начертанием выделены статистически значимые корреляции ($p < 0,05$).

этом этапе упражнения в механизм точности выстрела вовлечен еще и тета-диапазон ЭЭГ. В соответствии с классическими [11] и современными [12] представлениями тета-ритм, регистрируемый в состоянии бодрствования, имеет гиппокампальное происхождение. По результатам нашего корреляционного анализа и по визуальным наблюдениям синхронной регистрации ЭЭГ на мониторе данный паттерн ритмики допустимо трактовать следующим образом [13, с. 59]: в начале упражнения у КМС альфа-ритм из T3 трансформировался в тета-волну, иррадиировал в передне-лобную зону и стал регистрироваться в Fp1, т. е. по церебральной вертикали из неокортикального – в субкортикальные слои. При этом рост его мощ-

ности в 1-й фазе выстрела продолжал детерминировать точность попадания КМС. Такое предположение отчасти подтверждает показатель кросс-спектра T5 альфа-1 в O1, также регистрируемый слева и связанный с точностью выстрела по выраженности корреляции и по ее направленности. В пользу этого свидетельствует связь абсолютной мощности альфа-ритма в O1 с точностью выстрела, которая была однонаправленной с корреляцией показателя кросс-спектра и точности выстрела. Судя по обширному синергичному мощностному росту во всем частотном диапазоне «альфа-тета», у КМС в подготовительной фазе задействованы глубокие левополушарные слои неокортекса (альфа-ритм) и поверхностные слои подкорки

(тета-активность). Таким образом, мы можем судить о мобилизационной вовлеченности корково-подкорковых взаимодействий [12, с. 59] в механизм формирования точности выстрела из лука. В психофизиологическом смысле подобная картина может быть интерпретирована как активизированное взаимоотношение сознания с подсознанием, т. е. состояние, благоприятное для раскрытия творческих способностей, достижения высоких когнитивных результатов [14]. Именно данная взаимосвязь маркирует точный выстрел в 1-й фазе. Далее, для обеспечения точности выстрела КМС основной ритм в Т3 удерживает высокую мощность вплоть до фазы прицеливания, а тета-активность (когнитивно-креативный компонент) в Fp2 в момент прицеливания адаптивно ослабевает по типу «затаивания». В процессе формирования данного регуляторно-адаптивного паттерна не исключено участие серотонинергической медиаторной системы [15]. В вегетативном аккомпанементе возможны мобилизационные флуктуации церебрального кровотока в системе внутренней сонной артерии – усиление пульсового кровенаполнения [16, 17]. Синхронизация биоэлектрической активности в данный момент доминирует над десинхронизацией. Впрочем, наблюдаемая диссоциация мощности ЭЭГ может зависеть как от эндогенных факторов, например врожденных свойств психоэмоционального статуса спортсмена [11], так и от экзогенных условий, вплоть до фоновой геофизической обстановки [18, 19]. У спортсменов I разряда такая закономерность не прослеживается. Наоборот, знак единственного достоверного коэффициента корреляции противоположный, отрицательный: чем меньше мощность основного ритма ЭЭГ у лучника I разряда в височном отведении слева, тем точнее его выстрел.

2. Семикратное увеличение числа значимых связей между параметрами ЭЭГ и точностью попадания у КМС по сравнению со спортсменами I разряда указывает на повышение уровня развития функциональной системы ЦД «Выстрел из лука» по мере роста мастерства,

говорит о синергичности физиологических процессов при выполнении упражнения высококвалифицированными лучниками. Выраженность силы связей обеспечивает сочетание надежности, экономичности нейродинамики с кинематической точностью попадания на фоне повышения запаса прочности целостного организма. Правомочность такой интерпретации косвенно подтверждает аналогичная оценка когерентности ЭЭГ каноистов [20], выявившая экономизацию центральных перестроек постуральной регуляции при произвольном контроле поддержания удобной стойки.

В сформированной у КМС функциональной системе ЦД «Выстрел из лука», естественно, проявляются и общие системные свойства: единство, взаимосвязь отдельных подсистем, функциональная и структурная иерархия. Такой уровень предполагает синхронное развитие ЦД и когнитивных способностей, включая оптимизацию рабочей памяти, пространственной ориентации [21], концентрации внимания, что способствует формированию «антиклипового» когнитивного стиля [22], значимого для результативности. У спортсменов I разряда церебральный уровень регуляции будущей (еще не до конца сформированной) системы в нашем исследовании отличался единственной статистически значимой обратной связью точности попадания в цель с мощностью высокочастотного альфа-ритма ЭЭГ. Значит, их динамические стереотипы пока находятся лишь на начальных стадиях формирования, не до конца выработанные навыки еще не переросли в профессионализм, в истинное мастерство. Вероятно, поэтому большая мощность альфа- и тета-волн ЭЭГ в 1-й фазе выстрела нужна для точности попадания мастерам, а меньшая – спортсменам I разряда.

Таким образом, электрофизиологические маркеры точности ЦД «Выстрел из лука» для КМС и спортсменов I разряда разнятся. Точность выстрела КМС маркирует левополушарная затылочно-височно-лобная активация мощности альфа-тета-диапазонов ЭЭГ в подготовительных фазах упражнения, а затем – диссоциация мощно-

стей этих частотных диапазонов в момент прицеливания: продолжающееся усиление абсолютной мощности альфа-ритма и умеренное ослабление мощности тета-волн ЭЭГ. Точность выстрела спортсменов I разряда маркирует уменьшение мощности основного ритма в височном отведении слева в 1-й фазе выстрела.

Установленные маркеры позволят тренеру-специалисту расширить физиологическое понимание механизма ЦД, что поможет объективно оценивать уровень здоровья и результативности воспитанника на основе физиологических данных, а также прогнозировать спортивный результат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Список литературы

1. Гумерова А.А., Костина Е.А. Стрельба из лука как редкий вид спорта в России // Актуальные проблемы физического воспитания студентов: материалы Междунар. конф., Чебоксары, 30-31 янв. 2019 г. Чебоксары: Чуваш. гос. с.-х. акад., 2019. С. 71–72.
2. Островский М.А. Настало время думать «физиологически» // Вестн. РАН. 2017. Т. 87, № 2. С. 158–165. <https://doi.org/10.7868/S0869587317020116>
3. Лебедева Н.Н., Майорова Л.А., Каримова Е.Д., Казимирова Е.А. Коннектомика: нейрофизиология, достижения и перспективы // Успехи физиол. наук. 2015. Т. 46, № 3. С. 17–45.
4. Horwitz B. The Elusive Concept of Brain Connectivity // Neuroimage. 2019. Vol. 19, № 2, pt. 1. P. 466–470. [https://doi.org/10.1016/s1053-8119\(03\)00112-5](https://doi.org/10.1016/s1053-8119(03)00112-5)
5. Hatfield B.D., Haufler A.J., Hung T.M., Spalding T.W. Electroencephalographic Studies of Skilled Psychomotor Performance // J. Clin. Neurophysiol. 2004. Vol. 21, № 3. P. 144–156. <https://doi.org/10.1097/00004691-200405000-00003>
6. Napalkov D.A., Shishkin S.L., Kolikoff M.B., Salykhova R.N., Ratmanova P.O., Shulgovsky V.V. Paradoxical Increase of the Alpha Rhythm During the Aiming in Marksmen: Component Analysis // Int. J. Psychophysiol. 2008. Vol. 69, № 3. P. 256. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.05.172>
7. Taha Z., Mat-Jizat J.A., Omar S.F.S., Suwarganda E. Correlation Between Archer's Hands Movement While Shooting and Its Score // Procedia Eng. 2016. Vol. 147. P. 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.204>
8. Водолажский Г.И., Ахметов С.М., Алексанянц Г.Д., Водолажская М.Г. Фрагмент онтогенетической динамики результативности игрока в ходе киберспортивной тренировки // Физ. культура, спорт – наука и практика. 2022. № 2. С. 70–75.
9. Трёмбач А.Б., Шестаков О.И., Пономарева Т.В., Миниханова Е.Р. Периоды и фазы становления целенаправленного движения спортсмена на основе биологических маркеров // Теория и практика физ. культуры. 2018. № 10. С. 79–81.
10. Федотова О.И., Ивашко С.Г. Учет психофизиологических особенностей стрелков из лука в процессе технической подготовки // Рудиковские чтения: материалы XV Всерос. конф. с междунар. участием / под общ. ред. Ю.В. Байковского, В.А. Москвина. М.: Рос. гос. ун-т физ. культуры, спорта, молодежи и туризма, 2019. С. 272–275.
11. Виноградова О.С. Гиппокамп и память. М.: Наука, 1975. 333 с.
12. Водолажская М.Г., Водолажский Г.И. Возрастная динамика электроэнцефалографических параметров здоровых людей с разным уровнем агрессивности // Вестн. Адыг. гос. ун-та. Сер. 4: Естеств.-мат. и техн. науки. 2020. № 1(256). С. 34–42.
13. Водолажская М.Г., Водолажский Г.И., Филиппов Ю.А., Соколова Н.И., Котло С.А. Психофизиологические предпосылки к выявлению коррекционных свойств киберспорта // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 1. С. 59–65.
14. Водолажская М.Г., Водолажский Г.И. Возрастные особенности электроэнцефалографических коррелятов творческого интереса // Психология творчества и одаренности: материалы Всерос. конф., Москва, 20–21 апр. 2018 г. М.: Мос. пед. гос. ун-т, 2018. С. 257–261.

15. Кашина Ю.В., Покровский В.М., Чередник И.Л. Роль генов серотонинергической медиаторной системы в формировании регуляторно-адаптивных возможностей человека // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 1. С. 23–33. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z126>
16. Рекомендации по оценке и прогнозированию успешности когнитивной деятельности в условиях ограниченного времени: метод. рекомендации / авт.-сост.: А. И. Талева [и др.]. Архангельск: КИРА, 2022. 24 с.
17. Zohdi H., Scholkmann F., Wolf U. Individual Differences in Hemodynamic Responses Measured on the Head Due to a Long-Term Stimulation Involving Colored Light Exposure and a Cognitive Task: A SPA-fNIRS Study // Brain Sci. 2021. Vol. 11, № 1. Art. № 54. <https://doi.org/10.3390/brainsci11010054>
18. Vodolazhskaya M.G., Vodolazhsky G.I. Gender Differences in Weather Sensitivity of Normal Adult People Detected in Rheoencephalograms and Electroencephalograms // Hum. Physiol. 2016. Vol. 42, № 7. P. 793–798. <https://doi.org/10.1134/S0362119716070203>
19. Водолажский Г.И., Боташева Т.Л., Заводнов О.П., Резенькова О.В., Водолажская М.Г. Метеочувствительность спортсменов с разным уровнем агрессивности // Человек. Спорт. Медицина. 2021. Т. 21, № 3. С. 46–55.
20. Черенкова Л.В., Бердичевская Е.М. Центральная регуляция позной устойчивости у квалифицированных каноистов, использующих левостороннюю стойку // Физ. культура, спорт – наука и практика. 2018. № 1. С. 69–75.
21. Haier R.J., Karama S., Leyba L., Jung R.E. MRI Assessment of Cortical Thickness and Functional Activity Changes in Adolescent Girls Following Three Months of Practice on a Visual-Spatial Task // BMC Res. Notes. 2009. Vol. 2. Art. № 174. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-2-174>
22. Григорьев П.Е., Гальченко А.С., Поскотинова Л.В. Связь показателей когнитивного стиля «импульсивность/рефлексивность» со степенью склонности к интернет-зависимому поведению у старшеклассников // Бюл. сиб. медицины. 2022. Т. 21, № 2. С. 27–32. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2022-2-27-32>

References

1. Gumerova A.A., Kostina E.A. Strel'ba iz luka kak redkiy vid sporta v Rossii [Archery as a Rare Sport in Russia]. *Aktual'nye problemy fizicheskogo vospitaniya studentov* [Current Problems of Physical Education for University Students]. Cheboksary, 2019, pp. 71–72.
2. Ostrovsky M.A. It Is Time to Think “Physiologically”. *Her. Russ. Acad. Sci.*, 2017, vol. 87, pp. 93–99. <https://doi.org/10.1134/S1019331617010105>
3. Lebedeva N.N., Mayorova L.A., Karimova E.D., Kazimirova E.A. Konnektomika: neyrofiziologiya, dostizheniya i perspektivy [The Connectomics: Neurophysiology, Achievements and Perspectives]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, 2015, vol. 46, no. 3, pp. 17–45.
4. Horwitz B. The Elusive Concept of Brain Connectivity. *Neuroimage*, 2019, vol. 19, no. 2, pt. 1, pp. 466–470. [https://doi.org/10.1016/s1053-8119\(03\)00112-5](https://doi.org/10.1016/s1053-8119(03)00112-5)
5. Hatfield B.D., Haufler A.J., Hung T.M., Spalding T.W. Electroencephalographic Studies of Skilled Psychomotor Performance. *J. Clin. Neurophysiol.*, 2004, vol. 21, no. 3, pp. 144–156. <https://doi.org/10.1097/00004691-200405000-00003>
6. Napalkov D.A., Shishkin S.L., Kolikoff M.B., Salykhova R.N., Ratmanova P.O., Shulgovsky V.V. Paradoxical Increase of the Alpha Rhythm During the Aiming in Marksmen: Component Analysis. *Int. J. Psychophysiol.*, 2008, vol. 69, no. 3, p. 256. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.05.172>
7. Taha Z., Mat-Jizat J.A., Omar S.F.S., Suwarganda E. Correlation Between Archer's Hands Movement While Shooting and Its Score. *Procedia Eng.*, 2016, vol. 147, pp. 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.204>
8. Vodolazhsky G., Akhmetov S., Aleksanyants G., Vodolazhskaya M. Fragment of Ontogenetic Dynamics of Player Performance During Esports Training. *Fizicheskaya kul'tura, sport – nauka i praktika*, 2022, no. 2, pp. 70–75 (in Russ.).
9. Trembach A.B., Shestakov O.I., Ponomareva T.V., Minikhanova E.R. Biological Markers for Targeted Action Timing and Phasing in Archery. *Theory Pract. Phys. Cult.*, 2018, no. 10, pp. 79–81 (in Russ.).
10. Fedotova O.I., Ivashko S.G. Uchet psikhofiziologicheskikh osobennostey strelkov iz luka v protsesse tekhnicheskoy podgotovki [Taking into Account the Psychophysiological Characteristics of Archers in the Process of Technique Training]. Baykovskiy Yu.V., Moskvina V.A. (eds.). *Rudikovskie chteniya* [Rudik Readings]. Moscow, 2019, pp. 272–275.

11. Vinogradova O.S. *Gippokamp i pamyat'* [Hippocampus and Memory]. Moscow, 1975. 333 p.
12. Vodolazhskaya M.G., Vodolazhskiy G.I. Vozrastnaya dinamika elektroentsefalograficheskikh parametrov zdorovykh lyudey s raznym urovnem agressivnosti [Age Dynamics of Electroencephalograph Parameters of Healthy Persons with Different Levels of Aggression]. *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki*, 2020, no. 1, pp. 34–42.
13. Vodolazhskaya M.G., Vodolazhskiy G.I., Filippov Yu.A., Sokolova N.I., Kotlo S.A. Psychophysiological Aspects That Define the Health-Enhancing Potential of Esports. *Hum. Sport Med.*, 2023, vol. 23, no. 1, pp. 59–65 (in Russ.).
14. Vodolazhskaya M.G., Vodolazhskiy G.I. Vozrastnye osobennosti elektroentsefalograficheskikh korrelyatov tvorcheskogo interesa [Age Peculiarities of Electroencephalographic Correlations of Creative Interest]. *Psikhologiya tvorchestva i odarennosti* [The Psychology of Creativity and Giftedness]. Moscow, 2018, pp. 257–261.
15. Kashina Yu.V., Pokrovskiy V.M., Cherednik I.L. The Role of Serotonergic Mediator System Genes in the Formation of Human Regulatory and Adaptive Capabilities. *J. Med. Biol. Res.*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 23–33. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z126>
16. Taleeva A.I. *Rekomendatsii po otsenke i prognozirovaniyu uspekhov kognitivnoy deyatel'nosti v usloviyakh ogranichennogo vremeni* [Recommendations for Assessing and Predicting the Success of Cognitive Activity with a Time Limit]. Arkhangel'sk, 2022. 24 p.
17. Zohdi H., Scholkmann F., Wolf U. Individual Differences in Hemodynamic Responses Measured on the Head Due to a Long-Term Stimulation Involving Colored Light Exposure and a Cognitive Task: A SPA-fNIRS Study. *Brain Sci.*, 2021, vol. 11, no. 1. Art. no. 54. <https://doi.org/10.3390/brainsci11010054>
18. Vodolazhskaya M.G., Vodolazhskiy G.I. Gender Differences in Weather Sensitivity of Normal Adult People Detected in Rheoencephalograms and Electroencephalograms. *Hum. Physiol.*, 2016, vol. 42, no. 7, pp. 793–798. <https://doi.org/10.1134/S0362119716070203>
19. Vodolazhskiy G.I., Botasheva T.L., Zavodnov O.P., Rezenkova O.V., Vodolazhskaya M.G. Weather Sensitivity of Athletes with Different Levels of Aggression. *Hum. Sport Med.*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 46–55 (in Russ.).
20. Cherenkova L., Berdichevskaya E. Central Regulation of Postural Stability of Skilled Canoeists Using a Left-Hand Stance. *Fizicheskaya kul'tura, sport – nauka i praktika*, 2018, no. 1, pp. 69–75 (in Russ.).
21. Haier R.J., Karama S., Leyba L., Jung R.E. MRI Assessment of Cortical Thickness and Functional Activity Changes in Adolescent Girls Following Three Months of Practice on a Visual-Spatial Task. *BMC Res. Notes*, 2009, vol. 2. Art. no. 174. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-2-174>
22. Grigoriev P.E., Galchenko A.S., Poskotinova L.V. Relationship of Parameters of the Impulsivity – Reflexivity Cognitive Style with Propensity to Internet Addiction in High School Students. *Bull. Sib. Med.*, 2022, vol. 21, no. 2, pp. 27–32. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2022-2-27-32>

Поступила в редакцию 15.05.2023 / Одобрена после рецензирования 21.12.2023 / Принята к публикации 25.01.2024.
Submitted 15 May 2023 / Approved after reviewing 21 December 2023 / Accepted for publication 25 January 2024.

