

УДК 799.215.4:612.821

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДИКТОРЫ УСПЕШНОСТИ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПОРТСМЕНОВ-СТРЕЛКОВ

Черный С. В.¹, Щепоткин В. С.¹, Волков П. М.²

¹Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

*²Филиал №2 ФГБУ «1427 военно-морской клинический госпиталь» Министерства обороны Российской Федерации, Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: neurolab@mail.ru*

Показаны психофизиологические особенности, опосредующие эффективность деятельности спортсменов-стрелков. Эффективность стрельбы определяют такие характеристики ЦНС, как возбуждение и активация, которые связаны с показателями электрокожного сопротивления. Изменение частоты сердечных сокращений обратно пропорционально уровню концентрации внимания у спортсменов-стрелков. Успешность выстрела связана с усилением мощности бета-ритма ЭЭГ в височных областях коры.

Ключевые слова: психофизиологические особенности, спортсмены-стрелки.

ВВЕДЕНИЕ

Стрельба является индивидуальным видом спорта, осуществляемым вне прямого единоборства с противником. Требования к физическим качествам стрелка не являются ведущими, так как все его действия заранее определены и в значительной степени освоены. Таким образом, психофизиологический профиль спортсменов-стрелков определяет их индивидуально-типологические особенности, определяя их вклад в успешность спортивной деятельности. Также психофизиологические особенности стрелков характеризуются тем, что до завершения выступления спортсмены не имеют информации о действиях и результатах соперников. В данном случае на первый план выступает способность самостоятельно и адекватно реализовать действия, характеризующие высокую результативность, а в случае ошибочных действий – их корректировку. Таким образом, психофизиологические особенности при подготовке спортсменов-стрелков следует учитывать не только на тренировочном, но и на соревновательном этапах, что и определяет актуальность данной работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Был произведен анализ литературных источников, наиболее полно отвечающих заданной теме, за период с 1990 по 2018 г. Следует отметить крайне небольшое количество исследований, касающихся психофизиологических особенностей спортсменов-стрелков, что также определяет актуальность данной работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Стрельба требует сосредоточения внимания на цели, а также полного контроля координации между постуральной устойчивостью и специфическим положением верхних конечностей [1]. Было показано, в частности [2], что при стрельбе из пистолета уровень результативности стрельбы связан как с уровнем концентрации внимания, так и со специфической моторной подготовкой. Кроме того, было выявлено [3], что степень произвольного эмоционального контроля напрямую связана с правильным техническим исполнением нажатия на спусковой крючок, что обеспечивает высокую результативность выстрела.

При высокой концентрации стрелки сосредотачивают свое внимание на контроле положения тела в пространстве, нивелируя ненужные движения [1]. Стрелку важно модулировать фокус произвольного внимания, сохраняя при этом композиционную образность технически правильного движения и его внутреннее представление [4]. Считается, что фокус направленности внимания как на внешние стимулы, так и на проприоцептивную афферентацию приводит к стабилизации частоты сердечных сокращений (ЧСС), характерной для оптимального психофизиологического состояния. При этом следует учесть, что техника стрельбы характеризуется общей статичностью позы, незначительными движениями верхней конечности с небольшой амплитудой их движения и угловой скоростью [5].

В течение последних двух десятилетий психофизиологические особенности активации со стороны ЦНС оценивались по нейро-вегетативным показателям для определения диапазона значений, характеризующих высокий уровень эффективности в стрельбе. Авторы выдвигают ряд понятий, описывающих различные уровни активации ЦНС. Данные уровни описываются как возбуждение (arousal), алертность, или «сенсорная настороженность» (alertness), активная концентрация (vigilance) и внимание (attention). Рядом авторов [6] было предложено описывать возбуждение как феномен, относящийся к непосредственной реакции организма на поступление новых стимулов, и активацию как сложное многомерное состояние, отражающее упреждающую готовность организма к реализации действия. При этом отмечается, что эффекты активации находятся в прямой зависимости от силы и особенности возбуждения. В свою очередь, иные авторы [7] использовали термин «возбуждение» для обозначения текущего энергетического состояния, и «активацию» для обозначения комплекса эффектов возбуждения, необходимого для выполнения той или иной задачи.

Некоторые исследователи [8] определяют активацию как совокупность процессов, необходимых для улучшения способности организма обрабатывать информацию и осуществлять действие. Также считается, что алертность в большей степени связана с поведенческими аспектами, которые предполагают устойчивую готовность обнаруживать изменения в окружающей среде и реагировать на них. Поэтому алертность определяется как активный процесс, характеризующий эффективность деятельности, включающий в себя как восприятие стимулов, так и обработку полученной сенсорной информации. Таким образом, именно алертность опосредует особенности внимания, связанного с ожидаемой когнитивно-

перцептивной или поведенческой активностью, которая не зависит от возбуждения и активации.

Несмотря на интегративный характер физиологической обработки сенсорной информации, реализующейся при активной концентрации и алертности, Тремейн и Барри [2] предложили подход операционального взаимодействия между некоторыми физиологическими показателями и связанными с ними психофизиологическими процессами. Ими было предложено оценивать возбуждение и активацию по уровню сопротивления кожи (СК), а бдительность – по ЧСС. Действительно, уровень СК является преходящим изменением электрических свойств кожи, предопределяя состояние возбуждения или активации в результате повышения активности симпатических холинергических нейронов на уровне дермальных потовых желез [9]. ЧСС же является косвенным показателем вегетативной функции нервной системы, которая рассматривается в отношении возбуждения и активации. В то же время, особенности рисунка ЧСС, регистрируемой за несколько секунд перед выполнением целенаправленного сложного моторного акта, является наиболее часто используемым физиологическим показателем уровня активации вегетативной нервной системы, связанной с теми или иными психическими процессами [8]. Считается, что значительное урежение ЧСС опосредует внимание, направленное на анализ проприоцептивной афферентации, контроль равновесия и движений, тогда как незначительное или отсутствующее урежение ЧСС связаны с сосредоточением внимания на внешних стимулах, а именно на мишени.

Ранее исследования взаимосвязи сердечного ритма и особенностей спортивной деятельности привели к формулировке гипотезы о физиологических механизмах реагирования на значимые стимулы. Утверждается, что готовность к реакции на стимул, опосредованная усилением произвольного внимания, характеризуется снижением ЧСС, в то время как даже небольшое изменение параметров стимула (связанное с когнитивным реагированием, исключая незначимые стимулы) связано с увеличением ЧСС [10]. В то же время, имеется и иное объяснение взаимосвязи между подготовкой к двигательной активности и урежением ЧСС. По мнению этих исследователей, вариация ЧСС не имеет непосредственной взаимосвязи с произвольным вниманием, являясь косвенным критерием снижения двигательной активности. В ряде исследований также сообщалось об урежении ЧСС непосредственно перед нажатием на спусковой крючок у стрелков перед производством выстрелом высокой точности [3]. Увеличение ЧСС в данном случае наблюдалось лишь в ряде случаев и не имело статистической достоверности. Однако есть исследования, в которых показано увеличение ЧСС у стрелков высокого уровня спортивной квалификации на данном этапе производства выстрела [11]. Схожие данные были получены также при исследовании стрелков-лучников, у которых наблюдалось увеличение ЧСС в течение пяти интервалов (3–4 с) между выпуском стрелы [12].

Исследование вероятностных закономерностей психофизиологических показателей с точностью стрельбы, как правило, проводится с использованием подхода, предусматривающим сравнение групп разного уровня спортивной

квалификации или групп, разделенных по критерию успешности стрельбы. В данном подходе используют несколько вариантов деления выборки на различные группы. В частности, ряд исследователей делит группы по принципу успешности, используя значения балльных показателей стрельбы, сокращенные до целых значений. Так, в данном подходе группа с высокими показателями стрельбы состояла из спортсменов, имеющих средние сокращенную балльную оценку в 10 баллов. Спортсмены, имеющие данную оценку в 9 баллов, оценивались как менее эффективные [2]. Следует, однако, учесть, что такой подход имеет ограничения, так как групповое распределение выборки не объясняет динамику индивидуальных показателей спортсменов.

Таким образом, в то время, как психофизиологические исследования подтвердили взаимосвязь между психомоторной эффективностью и физиологической активностью, индивидуально ориентированные исследования способствовали текущему пониманию того, как эмоции влияют на спортивные результаты. Для выявления эффекта взаимосвязей психофизиологических показателей с критериями успешности стрельбы в настоящее время у спортсменов-стрелков используют многопрофильное оценивание, включающее самоотчеты, наблюдения за особенностями поведения и регистрацию физиологических параметров [13].

Рядом авторов была предложена многомерная модель изучения индивидуальных различий в спорте [14]. Данная модель основана на модели включения оптимальных психофизиологических функций Ханина (IZOF, Individual Zones of Optimal Functioning) [15]. Она полагает ведущими в спортивной деятельности состояния, связанные с эмоциями, описываемых в пяти взаимозависимых измерениях эмоциональных проявлений – формы, содержания, интенсивности, контекста и времени. Характеристики формы, содержания и интенсивности эмоций описывают структуру индивидуального контроля деятельности (т.е. ожидаемых эффектов эмоций на результаты деятельности), в то время как контекст и временные характеристики эмоциональности связаны с самой динамикой данного контроля.

На основе данной модели была предложена ее интерпретация, основанная на эмоциональной опосредованности деятельности [16]. Внедрение данного подхода привело к определению характеристик интенсивности реализации деятельности, основанных на диапазонах аффективных и физиологических состояний, в рамках которых каждому человеку определяется вероятность реализации данной деятельности на определенном уровне (оптимальном, умеренном, негативном) [17]. Данный подход позволяет оценивать отдельные характеристики интенсивности деятельности, связанные с конкретными уровнями ее эффективности, включающие в себя как интроспективные (например, данные самоотчета) и объективные данные (уровень сопротивления кожи, особенности ЧСС).

В частности, на основе указанной модели были исследованы эмоциональные и физиологические показатели в реальном времени при выполнении стрельбы разной степени эффективности [18]. Было показано, что уровень эффективности произведенного выстрела коррелировал как с интроспективными показателями

(уровень возбуждения и удовлетворения), так и с физиологическими показателями (уровень сопротивления кожи, особенности ЧСС). Комплекс указанных показателей, выявленных до выполнения стрелкового задания, был непосредственно связан с эффективностью стрельбы.

Также были выявлены взаимосвязи частотноамплитудных топографических характеристик электроэнцефалограммы (ЭЭГ) с показателями результативности стрельбы. Показана, в частности, отрицательная взаимосвязь между результативностью выстрела и амплитудой бета1 и бета2-ритмов ЭЭГ в префронтальной, лобной и височной областях правого полушария [19].

Была показана тесная линейная корреляция между результативностью стрельбы и когерентностью центральных и передне-височных областей коры левого полушария в диапазоне бета1-ритма. Наблюдалась также тесная корреляция между представленностью тета-ритма по поверхности коры в состоянии покоя у высоко результативных спортсменов-стрелков [20].

Также были выявлены специфические ЭЭГ-маркеры, характеризующие особенности визуального контроля во время прицеливания и производстве выстрела. Визуальный контроль положения оружия обуславливает низкую результативность выстрела, в то время как визуальное сосредоточение на самой мишени или цели – высокую результативность. Снижение визуального контроля положения оружия за несколько секунд до реализации выстрела является необходимым условием его результативности. Критерием ошибочного распределения визуального контроля является кратковременное увеличение мощности альфа-ритма в передне-височных областях левого полушария [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При анализе психофизиологических особенностей спортсменов-стрелков выделяются различные уровни активации ЦНС, описываемые как возбуждение, алертность («сенсорная настороженность»), активная концентрация и внимание. Показано, что именно алертность опосредует особенности внимания, связанного с ожидаемой когнитивно-перцептивной или поведенческой активностью, которая не зависит от возбуждения и активации.
2. Различные уровни активации ЦНС коррелируют со специфическими физиологическими показателями. Так, возбуждение и активация связаны с показателями электрокожного сопротивления, а изменение частоты сердечных сокращений обратно пропорционально уровню концентрации внимания у спортсменов-стрелков.
3. Одной из оптимальных моделей изучения индивидуальных различий является модель IZOF, изучающих эмоциональные состояния спортсмена в пяти позициях – форме, содержания, интенсивности, контекста и времени.
4. ЭЭГ-маркером, обуславливающим высокий уровень концентрации произвольного внимания при выполнении успешного выстрела, является наличие выраженной бета-активности преимущественно в височных областях.

Список литературы

1. Hillman C. H. An electrocortical comparison of executed and rejected shots in skilled marksmen. / Hillman C. H., Apparies R. J., Janelle C. M. [et al]. // *Biological Psychology*. – 2000. – Vol. 52. – P. 71–83.
2. Tremayne P. Elite pistol shooters: physiological patterning of best vs. worst shots / Tremayne P., Barry R. J. // *International Journal of Psychophysiology*. – 2001. – Vol. 41. – P. 19–29.
3. Guillot A. Psychophysiological study of the concentration period in shooting / Guillot A., Collet C., Dittmar A. [et al]. // *Journal of Human Movement Studies*. – 2005. – Vol. 48. – P. 417–435.
4. Wulf G. Attention and Motor Skill Learning / Wulf G. // *International Journal of Sports Science & Coaching*. – 2010. – Vol. 2, №3. – P. 329–334.
5. Goodman S. Regular and random components in aiming-point trajectory during rifle aiming and shooting. / Goodman S., Haufle, A., Shim J. K., Hatfield B. // *Journal of Motor Behavior*. – 2009. – Vol. 41. – P. 367–382.
6. Hardy L. Understanding psychological preparation for sport: Theory and practice of elite performers. / Hardy L., Jones G., Gould, D. – Chichester, UK: Jones Wiley & Sons. – 1996 – P. 36
7. Barry R.J. Arousal and activation in a continuous performance task: an exploration of state effects in normal children. / Barry R. J., Clarke A. R., McCarthy R. [et al]. // *Journal of Psychophysiology*. – 2005. – Vol. 19. – P. 91–99.
8. Guillot A. The physiological activation effect on performance in shooting evaluation through neurovegetative indices. / Guillot A., Collet C., Dittmar A. [et al]. // *Journal of Psychophysiology* – 2003. – Vol. 17. – P. 214–222.
9. Barry R. J. Habituation of phasic and tonic components of the orienting reflex / Barry R. J., Sokolov E. N. // *International Journal of Psychophysiology*. – 1993. – Vol. 15. – P. 39–42
10. Lacey B.C. Cognitive modulation of time-dependent primary bradycardia. / Lacey B. C., Lacey J. L. // *Psychophysiology*. – 1980. – Vol. 17. – P. 209–221.
11. Hatfield B.D. Cardiovascular CNS interactions during a self-paced, intentional attentive state: elite marksmanship performance / Hatfield B. D., Landers D. M., Ray W. J. // *Psychophysiology*. – 1987. – Vol. 24. – P. 542–549.
12. Salazar W. Hemisphere asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers / Salazar W., Landers D., Petruzzello S. [et al]. // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. – 1990. – Vol. 61. – P. 351–359.
13. Lang P. J. Emotion and motivation: attention, perception, and action / Lang P. J. // *Journal of Sport and Exercise Psychology*. – 2000. – Vol. 20. – P. 122–140.
14. Vaez-Mousavi S. Individual differences in task-related activation and performance / Vaez-Mousavi S., Barry R., Clarke A. // *Physiology and Behavior*. – 2009. – Vol. 98. – P. 326–330.
15. Hanin Y. L. Emotion in sport: an individualized approach. / Hanin Y. L. // *Encyclopedia of applied psychology*. – 2004. – Vol. 1. – P. 739–750.
16. Kamata A. Individual zone of optimal functioning (IZOF): a probabilistic estimation. / Kamata A., Tenenbaum, G., Hanin, Y.L. // *Journal of Sport and Exercise Psychology*. – 2002. – Vol. 24. – P. 189–208.
17. Cohen A. Emotions and golf performance: an IZOF-based applied sport psychology case study. / Cohen A., Tenenbaum G., English R. // *Behavior Modification*. – 2006. – Vol. 30 – P. 259–280.
18. Medeiros Filho E. Affective and physiological states during archery competitions: adopting and enhancing the probabilistic methodology of individual affect-related performance zones (IAPZs). / Medeiros Filho E., Soares Moraes L., Tenenbaum G. // *Journal of Applied Sport Psychology*. – 2008. – Vol. 20. – P. 441–456.
19. Gong A. Rifle Shooting Performance Correlates with Electroencephalogram Beta Rhythm Network Activity during Aiming. / Gong A., Liu J., Jiang C., Fu Y. // *Computational Intelligence and Neuroscience*. – 2018. – Vol. 11. – P. 1–11.
20. Gong A. Correlation Between Resting-state Electroencephalographic Characteristics and Shooting Performance / Gong A., Liu J., Li F., Liu F., Jiang C., Fu Y. // *Neuroscience*. – 2017. – Vol. 366. – P. 172–183.
21. Loze G.M. Pre-shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: a comparison of best and worst shots / Loze G.M., Collins D., Holmes P.S. // *J Sports Sci*. – 2001. – Vol. 19, №9. – P. 727–733.

PSYCHOPHYSIOLOGICAL PREDICTORS OF THE SUCCESS OF SPORTS ACTIVITIES OF ATHLETES-SHOOTERS

Cherniy S. V.¹, Shchepotkin V. S.¹, Volkov P. M.²

¹V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia

²Naval Clinical Hospital 1427, Branch No. 2, Ministry of Defense of the Russian Federation, Simferopol, Crimea, Russia

E-mail: neurolab@mail.ru

Shooting is an individual sport, carried out outside direct combat with the enemy. Requirements for the physical qualities of the shooter are not leading, since all his actions are predetermined and largely mastered. Thus, the psycho-physiological profile of athletes-shooters determines their individual-typological features, determining their contribution to the success of sports activities. Also, the psycho-physiological characteristics of shooters are characterized by the fact that prior to the completion of the performance, athletes do not have information about the actions and results of rivals. In this case, the foreground is the ability to independently and adequately implement actions that characterize high performance, and in case of erroneous actions, their adjustment. Thus, psychophysiological features in the preparation of athletes-shooters should be considered not only at the training, but also at the competitive stages, which determines the relevance of this work.

The analysis of literary sources that best meet the given topic was carried out for the period from 1990 to 2018. It should be noted that there is an extremely small amount of research into the psycho-physiological characteristics of athletes-shooters, which also determines the relevance of this work.

There have been identified the psychophysiological indicators that mediate the efficiency in athletes-shooters. The shooting efficiency is determined by such characteristics of the central nervous system as excitation and activation associated with the skin conductance indicators. The heart rate variability is shown to be inversely related to the level of concentration in athletes-shooters. Success of the shot is associated with increased power of the EEG beta rhythm in the temporal regions of the cerebral cortex.

Keywords: psychophysiological indicators, athletes-shooters.

References

1. Hillman C. H., Apparies, R. J., Janelle, C. M. et al., An electrocortical comparison of executed and rejected shots in skilled marksmen, *Biological Psychology*, **52**, 71 (2000).
2. Tremayne P., Barry, R. J., Elite pistol shooters: physiological patterning of best vs. worst shots, *International Journal of Psychophysiology*, **41**, 19 (2001).
3. Guillot A., Collet C., Dittmar A. et al., Psychophysiological study of the concentration period in shooting, *Journal of Human Movement Studies*, **48**, 417 (2005).
4. Wulf G., Attention and Motor Skill Learning, *International Journal of Sports Science & Coaching*, **2**(3), 329 (2010).
5. Goodman S., Haufle, A., Shim J. K., Hatfield B. Regular and random components in aiming-point trajectory during rifle aiming and shooting, *Journal of Motor Behavior*, **41**, 367 (2009).

6. Hardy L., Jones G., Gould D., *Understanding psychological preparation for sport: Theory and practice of elite performers*, P. 36 (Chichester 1996).
7. Barry R.J., Clarke A.R., McCarthy R. et al., Arousal and activation in a continuous performance task: an exploration of state effects in normal children, *Journal of Psychophysiology*, **19**, 91 (2005).
8. Guillot A., Collet C., Dittmar A. et al., The physiological activation effect on performance in shooting evaluation through neurovegetative indices, *Journal of Psychophysiology*, **17**, 214 (2003).
9. Barry R. J., Sokolov E. N., Habituation of phasic and tonic components of the orienting reflex, *International Journal of Psychophysiology*, **15**, 39 (1993).
10. Lacey B.C., Lacey J.L., Cognitive modulation of time-dependent primary bradycardia, *Psychophysiology*, **17**, 209 (1980).
11. Hatfield B.D., Landers D.M., Ray W J., Cardiovasculare CNS interactions during a self-paced, intentional attentive state: elite marksmanship performance, *Psychophysiology*, **24**, 542 (1987).
12. Salazar W., Landers D., Petruzzello S. et al., Hemisphere asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **61**, 351 (1990).
13. Lang P. J., Emotion and motivation: attention, perception, and action, *Journal of Sport and Exercise Psychology*, **20**, 122 (2000).
14. Vaez-Mousavi S., Barry R., Clarke A., Individual differences in task-related activation and performance, *Physiology and Behavior*, **98**, 326 (2009).
15. Hanin Y. L., Emotion in sport: an individualized approach, *Encyclopedia of applied psychology*, **1**, 739 (2004).
16. Kamata A., Tenenbaum G., Hanin Y.L., Individual zone of optimal functioning (IZOF): a probabilistic estimation, *Journal of Sport and Exercise Psychology*, **24**, 189 (2002).
17. Cohen A., Tenenbaum G., English R., Emotions and golf performance: an IZOF-based applied sport psychology case study, *Behavior Modification*, **30**, 259 (2006).
18. Medeiros Filho E., Soares Moraes L., Tenenbaum G., Affective and physiological states during archery competitions: adopting and enhancing the probabilistic methodology of individual affect-related performance zones (IAPZs), *Journal of Applied Sport Psychology*, **20**, 441 (2008).
19. Gong A., Liu J., Jiang C., Fu Y., Rifle Shooting Performance Correlates with Electroencephalogram Beta Rhythm Network Activity during Aiming, *Computational Intelligence and Neuroscience*, **11**, 1 (2018).
20. Gong A., Liu J., Li F., Liu F., Jiang C., Fu Y., Correlation Between Resting-state Electroencephalographic Characteristics and Shooting Performance, *Neuroscience*, **366**, 172 (2017)
21. Loze G.M., Collins D., Holmes P.S., Pre-shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: a comparison of best and worst shots, *J Sports Sci.*, **19(9)**, 727, (2001).