



Журнал медико-биологических исследований. 2023. Т. 11, № 4. С. 471–482.

Journal of Medical and Biological Research, 2023, vol. 11, no. 4, pp. 471–482.

Обзорная статья

УДК [796.1.071.2/.077.2:004.946]:612.821

DOI: 10.37482/2687-1491-Z166

Экспериментальные способы изучения нейрофизиологических особенностей киберспортсменов (обзор)

Василий Федорович Пятин* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9310-9413>

Юлия Валерьевна Мякишева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0947-511X>

Дарья Сергеевна Громова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0650-0252>

Андрей Федорович Павлов* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0614-7914>

*Самарский государственный медицинский университет
(г. Самара)

Аннотация. Электронные виды спорта, имеющие соревновательный характер, объединены в направление, называемое киберспортом. Соревновательная деятельность в киберспорте способствует формированию когнитивных навыков, развитию абстрактного мышления, памяти, пространственного мышления и способности ориентироваться в условиях дефицита времени в виртуальном пространстве. В связи с этим перспективным является изучение нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих реализацию и регуляцию физиологических процессов в ходе занятий электронными видами спорта. Согласно классификации Л.П. Матвеева (2017), киберспорт относится к пятой группе видов спортивной деятельности, которая характеризуется абстрактно-логическим обыгрыванием при сниженной двигательной активности. Компьютерные игры стимулируют развитие когнитивных функций, таких как время реакции, скорость принятия решений, внимание, координация рук и др., что невольно наводит исследователей на мысль о сходстве психоэмоциональных и психофизиологических параметров киберспортсменов и спортсменов, занимающихся другими видами спорта. Однако следует отметить, что нейрофизиологические механизмы этих процессов у киберспортсменов практически не исследовались. Поскольку основой данных механизмов является деятельность центральной нервной системы, представляется интересным рассмотреть особенности биоэлектрической активности больших полушарий мозга киберспортсменов во взаимосвязи с особенностями их когнитивного стиля. Представленная обзорная статья составлялась при использовании электронных библиотек PubMed, Scopus, Google Scholar и ряда отечественных научных баз данных путем введения следующих поисковых запросов: «видеоигры», «игровая зависимость», «киберспорт», «когнитивные функции», «нейрофизиологические особенности киберспортсменов», «методы нейрофизиологического исследования в киберспорте», «неинвазивные методы исследования». На основе проведенного анализа литературных источников были выделены методы, позволяющие оценить функциональное состояние

Ответственный за переписку: Павлов Андрей Федорович, адрес: 443001, г. Самара, ул. Арцыбушевская, д. 171; e-mail: a.f.pavlov@samsmu.ru

головного мозга в процессе обработки сенсорных сигналов, физиологические изменения функционирования высшей нервной деятельности, установить пиковую амплитуду мышечного усилия посредством интеграции сигнала. Перечислены методы, которые демонстрируют спорные результаты, поскольку не дают возможности установить механизмы функционирования нервной системы. Также отмечены перспективные методы, позволяющие считывать активность мозга путем применения инфракрасного света.

Ключевые слова: киберспорт, киберспортсмен, когнитивная нагрузка, возбудимость нейронов, функциональное состояние головного мозга, нейрофизиологические механизмы.

Для цитирования: Пятин В.Ф., Мякишева Ю.В., Громова Д.С., Павлов А.Ф. Экспериментальные способы изучения нейрофизиологических особенностей киберспортсменов (обзор) // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 4. С. 471–482. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z166>

Review article

Experimental Methods of Studying the Neurophysiological Features of Esports Players (Review)

Vasiliy F. Pyatin* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9310-9413>

Yuliya V. Myakisheva* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0947-511X>

Dar'ya S. Gromova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0650-0252>

Andrey F. Pavlov* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0614-7914>

*Samara State Medical University
(Samara, Russian Federation)

Abstract. Electronic sports (esports) is a form of competition using video games. Competitions in esports help to develop cognitive skills, abstract thinking, memory, spatial thinking and the ability to navigate the virtual space under time pressure. In this regard, neurophysiological mechanisms implementing and regulating physiological processes when playing esports are a promising topic of research. According to L.P. Matveyev's classification (2017), esports belongs to the fifth group of sports activities, which is characterized by applying abstract logic under decreased motor activity. Computer games stimulate the development of cognitive functions, such as reaction time, speed of decision making, attention, hand coordination and others, which suggests that the psycho-emotional and psycho-physiological parameters in esports players are similar to those in other athletes. However, it should be noted that the neurophysiological mechanisms of these processes in esports players have been little studied. Since these mechanisms are based on the activity of the central nervous system, it is interesting to consider the bioelectric activity of the cerebral hemispheres in esports players in relation to their cognitive style. In the PubMed, Scopus and Google Scholar electronic libraries as well as a number of Russian scientific databases, the authors entered the following search queries: *video games, video game addiction, esports, cognitive functions, neurophysiology of esports players, neurophysiological research methods in esports, non-invasive research methods*. Based on the literature analysis, methods were identified that allow us to assess the functional state of the brain when processing

Corresponding author: Andrey Pavlov, address: ul. Artsybushevskaya 171, Samara, 443001, Russian Federation; e-mail: a.f.pavlov@samsmu.ru

sensory signals and physiological changes in higher nervous activity as well as to determine peak amplitude of muscle force through signal integration. Further, methods demonstrating controversial results are listed, which do not make it possible to establish the mechanisms of the nervous system. In addition, promising methods are identified that allow us to read brain activity using infrared light.

Keywords: *esports, esports player, cognitive load, neuronal excitability, functional state of the brain, neurophysiological mechanisms.*

For citation: Pyatin V.F., Myakisheva Yu.V., Gromova D.S., Pavlov A.F. Experimental Methods of Studying the Neurophysiological Features of Esports Players (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2023, vol.11, no. 4, pp. 471–482. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z166>

Киберспорт на сегодняшний день является одним из популярнейших видов спорта и представляет собой соревновательную деятельность или специальные практики подготовки к соревнованиям, проводимые на основе компьютерных или видеоигр [1, 2]. С каждым годом увеличивается количество соревнований по данному виду спорта как на профессиональном, так и на любительском уровне [2].

Для достижения успеха, как и в любом другом спорте, киберспортсмен должен иметь высокий уровень подготовки и обладать некоторыми типологическими качествами, обеспечивающими высокий уровень мотивации, выносливость и сфокусированность на результате [3, 4].

В связи с ростом популярности электронных видов спорта особую научную ценность приобретают технологии неинвазивного мониторинга физиологических биомаркеров у киберспортсменов, анализ которых представлен в публикациях с перечислением ряда коммерчески доступных инструментов [1].

В относительно немногих исследованиях, касающихся киберспорта, изучалось его физиологическое воздействие на организм спортсмена. Как правило, используются методы регистрации частоты сердечных сокращений (ЧСС), частоты дыхания и минутной вентиляции легких во время нагрузки, а также сравнение указанных параметров с величинами, характерными для состояния покоя испытуемых [5–6]. В ряде исследований [7–11] было установлено, что перечисленные показатели функционирования дыхательной и сердечно-

сосудистой систем были достоверно выше у спортсменов-победителей, чем у проигравшей команды. Соревновательные видеоигры не предполагают высокого уровня физической нагрузки, необходимого для многих других видов спорта, но, как правило, вызывают состояние психологического стресса или психоэмоционального напряжения с ответными реакциями вегетативной нервной системы. Наряду с функциональными сдвигами, выявляемыми у киберспортсменов, в публикациях приводятся данные, описывающие жалобы игроков на боли в суставах, головную боль, проблемы со сном, а также эффекты от цифрового напряжения на зрительный анализатор [4, 12, 13].

В ходе игры регистрируется высокая активность когнитивных процессов, а также происходит усиление электрических паттернов, связанных с процессами принятия решений, планированием, распределением времени; вовлекается активность исполнительных и когнитивных функций, управляющих поведением человека, способностью принимать решения, организацией, планированием и постановкой целей, саморегуляцией. В исследованиях показано, что у субъектов, которые играют в видеоигры, сокращается время простой и сложной сенсомоторных реакций, но при этом снижается точность реализации двигательных функций, время моторной реакции, точность некоторых показателей исполнительской функции [14–16]. Анализ разных типов игр (например, шутер от первого лица (FPS) и многопользовательская игровая арена

(МОБА)) показал, что киберспортсмены, которые играли в FPS, демонстрировали более короткое время сенсомоторной реакции, у них выявлялось ослабление процессов торможения в сравнении с игроками МОБА [14, 16, 17]. С исследовательской точки зрения, жанр FPS (first-person shooter) интересен при изучении скорости движений, точности попадания в цель, времени реакции, ориентации в пространстве и концентрации внимания.

Таким образом, при анализе доступных источников выявлено, что сведения о вегетативных и нейрофизиологических особенностях/показателях/процессах лиц, занятых в соревновательных видеоиграх, разрозненны и недостаточны для целостного анализа проблемы.

Цель настоящей работы – провести системный анализ литературных данных о современных способах изучения вегетативных и нейрофизиологических особенностей киберспортсменов.

Изучая феномен киберспортсменов и сравнивая их с традиционными спортсменами, можно отметить, что, независимо от вида деятельности, у профессионалов существует потребность в быстром и качественном развитии таких навыков, как выносливость, быстрая скорость реакции, точность и высокая адаптивность. Их можно выработать за длительное время путем изнуряющих тренировок. При анализе научных баз данных выясняется, что исследователи всего мира заинтересованы в том, чтобы за короткое время развивать качества, которые необходимы в профессиональных соревнованиях [18–20]. Оптимальным является приобретение подобных навыков без чрезмерных тренировок, провоцирующих эмоциональное выгорание и феномен перетренированности. Именно такую цель преследуют физиологи и спортивные врачи во всем мире.

Наибольшей популярностью при изучении нейрофизиологических особенностей киберспортсменов пользуются неинвазивные методы, среди которых особое место занимают электроэнцефалография (ЭЭГ), функ-

циональная магнитно-резонансная томография (фМРТ), функциональная ближняя инфракрасная спектроскопия (fNIRS) [20–21].

В последние годы наблюдается рост интереса к применению ЭЭГ. Метод используется для регистрации биоэлектрической активности головного мозга. С помощью него можно изучать функциональное состояние мозга в процессе обработки сенсорных сигналов, при формировании ощущений различной модальности, а также при замысливании и реализации двигательных программ в ходе занятия различными видами спорта [23]. Основными преимуществами ЭЭГ являются, с одной стороны, ее портативность (можно использовать беспроводные приборы), с другой – высокое временное разрешение.

В 1961 году американский психолог Грегори Разран впервые предложил концепцию биологической обратной связи, предположив, что люди могут использовать специальные инструменты для наблюдения за своими физиологическими изменениями и научиться контролировать себя для наиболее успешной адаптации к действию различных факторов среды. С тех пор биологическая обратная связь стала важной темой исследований. Особенно это касается обучения нейрофидбэку (neurofeedback – NFT), который позволяет изучать сигналы собственного мозга и механизмы восприятия [19, 24, 25].

Основываясь на модальности сигнала, NFT задействует методы ЭЭГ, фМРТ и fNIRS. NFT ЭЭГ – один из наиболее часто используемых методов [26]. Инструментальным прибором является Emotiv Insight – 5-канальное устройство ЭЭГ с сухими датчиками, которое измеряет активность всех долей коры головного мозга, приводя подробную информацию [27].

Исследование фМРТ, проведенное в 2014 году Найто Хироши, предоставило доказательства того, что мозг профессионального футболиста использует меньше нейронов, связанных с двигательной активностью, чем у людей, далеких от спорта. Аналогичные результаты были получены в других направлениях: тен-

нисе, гандболе [24, 28]. На сегодняшний день отсутствуют данные об использовании фМРТ при обследовании киберспортсменов.

МРТ является оптимальным способом изучения распределения и локализации функций в мозге. Однако с ее помощью по-прежнему невозможно установить механизмы функционирования нервной системы. Поэтому перспективен является метод оптической нейровизуализации (fNIRS) [24, 29].

Метод fNIRS используется для считывания мозговой активности путем введения ближнего инфракрасного света (NIR) в интересующую область головы. Измерение активности мозга методом fNIRS основано на регистрации изменений содержания кислорода в крови сосудов мозга с помощью NIR. Исследования [30–32] показали, что уровень в процессе игры с использованием видеотехнологий существенно всего снижается в префронтальной коре как у взрослых, так и у детей 7–14 лет. С помощью fNIRS фиксируются изменения концентраций коркового дезоксигенированного и оксигенированного гемоглобина [33].

В другом исследовании [34, 35] основное внимание уделялось оценке того, приводит ли длительное взаимодействие с видеоиграми к снижению уровня охуНв в дорсальной префронтальной коре (prefrontal cortex – PFC) у детей в возрасте 7–14 лет. Авторы пришли к выводу, что снижение внимания пользователя во время игры в течение длительного времени не имеет возрастной корреляции [36].

Еще одним неинвазивным методом изучения показателей организма при занятиях киберспортом является электромиография (ЭМГ). Датчики ЭМГ фиксируют электрическую мышечную активность на участке кожи, при этом наиболее часто используются биполярные установки [37]. Сумма последовательных потенциалов действия регистрируется во время наблюдаемой двигательной задачи и подвергается последующей обработке для удаления шума или нормализации сигнала с целью межпредметного и внутриобъектного сравнения [37]. Сигнал ЭМГ предоставляет информацию для количе-

ственной оценки мышечного усилия посредством исправления и интеграции сигнала или вычисления пиковой амплитуды, а также для определения конкретных паттернов активации мышц и синергии, которые обуславливаются временными событиями (т. е. началом и смещением мышечной активации) [38–40]. В спортивных приложениях анализ ЭМГ обычно выполняется для оценки амплитуды мышечной активности или определения начала и смещения активности ЭМГ; в других случаях частотный анализ позволяет оценить развитие мышечного утомления [41]. В настоящее время появление коммерчески доступных и портативных беспроводных систем ЭМГ способствует прогрессу в изучении контроля центральной нервной системы при замысливании и реализации сложных произвольных движений.

Взаимосвязь между психологическим и физиологическим состояниями игрока отражена еще в работе М. Hahn (1973), в которой продемонстрировано влияние психических состояний, развивающихся при занятиях спортом, на протекание физиологических процессов [42].

С целью установления динамики вегетативного состояния киберспортсменов авторы другой статьи изучают изменение их физиологического состояния при использовании видеоигр различных жанров боевого типа [43]. При этом у игроков зарегистрированы повышение уровня кортизола в слюне, изменение параметров variability сердечного ритма перед соревнованиями, что, вероятно, связано с повышением уровня стресса и беспокойства. Такие данные напрямую свидетельствуют об усилении активности симпатической нервной системы [44].

Соревновательный стресс изменяет ряд вегетативных показателей организма, в частности вызывает нарушение процессов реполяризации сердца, что отражается на амплитуде Т-зубца, изменении ST-интервала на ЭКГ и является маркером аритмии [44–46].

Интересно, что командный спорт влияет на физиологические показатели всех игро-

ков. Так, межличностное взаимодействие в рамках командных диад способствует физиологической синхронизации, которая определяется как изменение физиологического состояния у двух или более людей в одно и то же время [46].

Поскольку игроки в киберспортивных соревнованиях обмениваются некоторой сенсорной информацией и взаимодействуют друг с другом, активность вегетативной нервной системы в диадах синхронизируется либо положительно, либо отрицательно [47, 48]. Обнаружено большее увеличение ЧСС во время командной соревновательной игры по сравнению с одиночной. Отмечается изменение ЧСС по ходу игры таким образом, что средняя ЧСС значительно выше к концу игр или матчей, за исключением первой игры, в которой средняя ЧСС в 1-м раунде также высока, как и в финальном. Обнаружено, что временная структура ЧСС (Heart Rate – HR) во время каждого матча сильно коррелирована между двумя соперниками [47, 49].

Гальваническая реакция кожи (GSR) также может использоваться в качестве инструмента оценки стресса у киберспортсменов в различные периоды игры и в покое. Проводимость кожи зависит от состояния потовых желез, которое регулируется автономной нервной системой (ANS). Во время соревновательного стресса происходит возбуждение симпатической ветви ANS, которая воздействует на центральную нервную систему, в частности гипоталамус. Ответ на стрессор выражается в виде активации эккринных желез, влияющей на потовые железы, заставляя их выделять больше пота, что, в свою очередь, увеличивает проводимость кожи [49].

Сегодня киберспорт – широко обсуждаемое и распространенное направление современного спорта. Киберспортсмены принимают участие в соревнованиях перед многочисленной аудиторией. Чтобы быть в отличной форме и справляться с ситуацией стресса и психоэмоционального напряжения, а также противодействовать общим проблемам со здоровьем, вызванным особыми качествами киберспортсменов, им

необходимы оптимальные когнитивные, физические и умственные способности. Однако на сегодняшний день целостная система управления здоровьем таких спортсменов отсутствует. В связи с этим наиболее актуальными направлениями современной физиологии являются изучение физиологических механизмов адаптации к спорту у киберспортсменов, а также подбор наиболее адекватных методов.

Имеющиеся методы позволяют:

- изучить функциональное состояние мозга в покое и в процессе обработки сенсорных сигналов, при формировании ощущений различной модальности, а также при замысливании и реализации двигательных программ во время занятий различными видами спорта;

- отследить физиологические изменения и улучшить самоконтроль для наиболее успешной адаптации к действию различных факторов среды;

- исследовать распределение и локализацию функций в мозге;
- зарегистрировать изменения содержания кислорода в крови сосудов мозга с помощью инфракрасного света;

- провести количественную оценку мышечного усилия посредством исправления и интеграции сигнала или вычисления пиковой амплитуды, а также определить конкретные паттерны активации мышц и синергии, которые обуславливаются временными событиями (т. е. началом и смещением мышечной активации);

- оценить изменение физиологического состояния при использовании видеоигр различных жанров боевого типа (у игроков регистрировались повышение уровня кортизола в слюне, изменение параметров variability сердечного ритма перед соревнованиями, что, вероятно, связано с повышением уровня стресса и беспокойства);

- доказать, что соревновательный психоэмоциональный стресс у киберспортсменов вызывает изменения вегетативных показателей организма, в частности нарушение процессов реполяризации сердца, отражающееся на ам-

плитуде Т-зубца, изменении ST-интервала на ЭКГ и являющееся маркером аритмии;

- отследить физиологическую синхронизацию, которая определяется как изменение физиологического состояния у двух или более людей в одно и то же время;

- определить уровень стресса у киберспортсменов в различные периоды при помощи гальванической проводимости кожных покровов.

Спорные результаты дает фМРТ, поскольку невозможно установить механизмы функционирования нервной системы.

Перспективными является метод fNIRS. Данный метод используется для считывания мозговой активности путем введения NIR в определенные области головы, активность мозга измеряется путем регистрации изменений содержания кислорода в крови сосудов мозга с помощью инфракрасного света.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Список литературы

1. Stepanov A., Lange A., Khromov N., Korotin A., Burnaev E., Somov A. Sensors and Game Synchronization for Data Analysis in eSports // 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN). Helsinki, 2019. P. 933–938. <https://doi.org/10.1109/INDIN41052.2019.8972249>
2. Andreu-Perez A.R., Kiani M., Andreu-Perez J., Reddy P., Andreu-Abela J., Pinto M., Izzetoglu K. Single-Trial Recognition of Video Gamer's Expertise from Brain Haemodynamic and Facial Emotion Responses // Brain Sci. 2021. Vol. 11, № 1. Art. № 106. <https://doi.org/10.3390/brainsci11010106>
3. Gong D., Ma W., Liu T., Yan Y., Yao D. Electronic-Sports Experience Related to Functional Enhancement in Central Executive and Default Mode Areas // Neural Plast. 2019. Vol. 2019. Art. № 1940123. <https://doi.org/10.1155/2019/1940123>
4. Koshy A., Koshy G.M. The Potential of Physiological Monitoring Technologies in Esports // Int. J. Esports. 2020. Vol. 1, № 1.
5. Sharifat H., Suppiah S. Electroencephalography-Detected Neurophysiology of Internet Addiction Disorder and Internet Gaming Disorder in Adolescents – A Review // Med. J. Malaysia. 2021. Vol. 76, № 3. P. 401–413.
6. Watanabe K., Saijo N., Minami S., Kashino M. The Effects of Competitive and Interactive Play on Physiological State in Professional Esports Players // Heliyon. 2021. Vol. 7, № 4. Art. № e06844. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06844>
7. Martin-Niedecken A.L., Schättin A. Let the Body'n'Brain Games Begin: Toward Innovative Training Approaches in eSports Athletes // Front. Psychol. 2020. Vol. 11. Art. № 138. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00138>
8. Yang X., McCoy E., Anaya-Boig E., Avila-Palencia I., Brand C., Carrasco-Turigas G., Dons E., Gerike R., Goetschi T., Nieuwenhuijsen M., Pablo Orjuela J., Int Panis L., Standaert A., de Nazelle A. The Effects of Traveling in Different Transport Modes on Galvanic Skin Response (GSR) as a Measure of Stress: An Observational Study // Environ. Int. 2021. Vol. 156. Art. № 106764. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106764>
9. Tsuji T., Arikuni F., Sasaoka T., Suyama S., Akiyoshi T., Soh Z., Hirano H., Nakamura R., Saeki N., Kawamoto M., Yoshizumi M., Yoshino A., Yamawaki S. Peripheral Arterial Stiffness During Electrocutaneous Stimulation Is Positively Correlated with Pain-Related Brain Activity and Subjective Pain Intensity: An fMRI Study // Sci. Rep. 2021. Vol. 11, № 1. Art. № 4425. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83833-6>
10. DiFrancisco-Donoghue J., Werner W.G., Douris P.C., Zwibel H. Esports Players, Got Muscle? Competitive Video Game Players' Physical Activity, Body Fat, Bone Mineral Content, and Muscle Mass in Comparison to Matched Controls // J. Sport Health Sci. 2020. Vol. 11, № 6. P. 725–730. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.07.006>
11. Sousa A., Ahmad S.L., Hassan T., Yuen K., Douris P., Zwibel H., DiFrancisco-Donoghue J. Physiological and Cognitive Functions Following a Discrete Session of Competitive Esports Gaming // Front. Psychol. 2020. Vol. 11. Art. № 1030. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01030>

12. Yamagata K., Yamagata L.M., Abela M. A Review Article of the Cardiovascular Sequelae in Esport Athletes: A Cause for Concern? // *Hellenic J. Cardiol.* 2022. Vol. 68. P. 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.hjc.2022.06.005>
13. Church D., Stapleton P., Vasudevan A., O'Keefe T. Clinical EFT as an Evidence-Based Practice for the Treatment of Psychological and Physiological Conditions: A Systematic Review // *Front. Psychol.* 2022. Vol. 13. Art. № 951451. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.951451>
14. Melentev N., Somov A., Burnaev E., Strelnikova I., Strelnikova G., Melenteva E., Menshchikov A. eSports Players Professional Level and Tiredness Prediction Using EEG and Machine Learning // *2020 IEEE SENSORS*. Rotterdam, 2020. P. 1–4. <https://doi.org/10.1109/SENSORS47125.2020.9278704>
15. Seidel-Marzi O., Ragert P. Neurodiagnostics in Sports: Investigating the Athlete's Brain to Augment Performance and Sport-Specific Skills // *Front. Hum. Neurosci.* 2020. Vol. 14. Art. № 133. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00133>
16. Glass J., McGregor C. Towards Player Health Analytics in Overwatch // *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*. Vancouver, 2020. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/SeGAH49190.2020.9201733>
17. Friedl K.E. Military Applications of Soldier Physiological Monitoring // *J. Sci. Med. Sport.* 2018. Vol. 21, № 11. P. 1147–1153. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.06.004>
18. Soler-Dominguez J.L., Gonzalez C. Using EEG and Gamified Neurofeedback Environments to Improve eSports Performance: Project Neurotrainer // *Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2021)*. Vol. 1: GRAPP. SciTePress, 2021. P. 278–283.
19. Gong A., Gu F., Nan W., Qu Y., Jiang C., Fu Y. A Review of Neurofeedback Training for Improving Sport Performance from the Perspective of User Experience // *Front. Neurosci.* 2021. Vol. 15. Art. № 638369. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.638369>
20. Bolkenius D., Dumps C., Rupprecht B. Nahinfrarotspektroskopie: Technik, Entwicklung, aktueller Einsatz und Ausblick // *Anaesthesist.* 2021. Vol. 70, № 3. P. 190–203. <https://doi.org/10.1007/s00101-020-00837-z>
21. Crispin P., Forwood K. Near Infrared Spectroscopy in Anemia Detection and Management: A Systematic Review // *Transfus. Med. Rev.* 2021. Vol. 35, № 1. P. 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.tmr.2020.07.003>
22. Pratiher S., Radhakrishnan A., Sahoo K.P., ALAM S., Kerick S.E., Banerjee N., Ghosh N., Patra A. Classification of VR-Gaming Difficulty Induced Stress Levels Using Physiological (EEG & ECG) Signals and Machine Learning // *TechRxiv*. Preprint, 2021. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.16873471.v1>
23. Pedraza-Ramirez I., Musculus L., Raab M., Laborde S. Setting the Scientific Stage for Esports Psychology: A Systematic Review // *Int. Rev. Sport Exerc. Psychol.* 2020. Vol. 13, № 1. P. 319–352. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2020.1723122>
24. Listman J.B., Tsay J.S., Kim H.E., Mackey W.E., Heeger D.J. Long-Term Motor Learning in the “Wild” with High Volume Video Game Data // *Front. Hum. Neurosci.* 2021. Vol. 15. Art. № 777779. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.777779>
25. Toth A.J., Ramsbottom N., Kowal M., Campbell M.J. Converging Evidence Supporting the Cognitive Link Between Exercise and Esport Performance: A Dual Systematic Review // *Brain Sci.* 2020. Vol. 10, № 11. Art. № 859. <https://doi.org/10.3390/brainsci10110859>
26. Herold F., Gronwald T., Scholkmann F., Zohdi H., Wyser D., Müller N.G., Hamacher D. New Directions in Exercise Prescription: Is There a Role for Brain-Derived Parameters Obtained by Functional Near-Infrared Spectroscopy? // *Brain Sci.* 2020. Vol. 10, № 6. Art. № 342. <https://doi.org/10.3390/brainsci10060342>
27. Forcione M., Chiarelli A.M., Perpetuini D., Davies D.J., O'Halloran P., Hacker D., Merla A., Belli A. Tomographic Task-Related Functional Near-Infrared Spectroscopy in Acute Sport-Related Concussion: An Observational Case Study // *Int. J. Mol. Sci.* 2020. Vol. 21, № 17. Art. № 6273. <https://doi.org/10.3390/ijms21176273>
28. Yokota Y., Soshi T., Naruse Y. Error-Related Negativity Predicts Failure in Competitive Dual-Player Video Games // *PLoS One.* 2019. Vol. 14, № 2. Art. № e0212483. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212483>
29. Deng X., Wang J., Zang Y., Li Y., Fu W., Su Y., Chen X., Du B., Dong Q., Chen C., Li J. Intermittent Theta Burst Stimulation over the Parietal Cortex Has a Significant Neural Effect on Working Memory // *Hum. Brain Mapp.* 2022. Vol. 43, № 3. P. 1076–1086. <https://doi.org/10.1002/hbm.25708>
30. Sun W., Guo Z., Yang Z., Wu Y., Lan W., Liao Y., Wu X., Liu Y. A Review of Recent Advances in Vital Signals Monitoring of Sports and Health via Flexible Wearable Sensors // *Sensors (Basel)*. 2022. Vol. 22, № 20. Art. № 7784. <https://doi.org/10.3390/s22207784>

31. Antal A., Luber B., Brem A.K., Bikson M., Brunoni A.R., Cohen Kadosh R., Dubljević V., Fecteau S., Ferreri F., Flöel A., Hallett M., Hamilton R.H., Herrmann C.S., Lavidor M., Loo C., Lustenberger C., Machado S., Miniussi C., Moliadze V., Nitsche M.A., Rossi S., Rossini P.M., Santarnecchi E., Seeck M., Thut G., Turi Z., Ugawa Y., Venkatasubramanian G., Wenderoth N., Wexler A., Ziemann U., Paulus W. Non-Invasive Brain Stimulation and Neuroenhancement // *Clin. Neurophysiol. Pract.* 2022. Vol. 7. P. 146–165. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2022.05.002>

32. Fang Q., Fang C., Li L., Song Y. Impact of Sport Training on Adaptations in Neural Functioning and Behavioral Performance: A Scoping Review with Meta-Analysis on EEG Research // *J. Exerc. Sci. Fit.* 2022. Vol. 20, № 3. P. 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.04.001>

33. Kiani M., Andreu-Perez J., Hagrás H., Papageorgiou E.I., Prasad M., Lin C.-T. Effective Brain Connectivity for fNIRS with Fuzzy Cognitive Maps in Neuroergonomics // *IEEE Trans. Cogn. Dev. Syst.* 2022. Vol. 14, № 1. P. 50–63. <https://doi.org/10.1109/TCDS.2019.2958423>

34. Merletti R., Muceli S. Tutorial. Surface EMG Detection in Space and Time: Best Practices // *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2019. Vol. 49. Art. № 102363. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.102363>

35. Campanini I., Disselhorst-Klug C., Rymer W.Z., Merletti R. Surface EMG in Clinical Assessment and Neurorehabilitation: Barriers Limiting Its Use // *Front. Neurol.* 2020. Vol. 11. Art. № 934. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00934>

36. Besomi M., Hodges P.W., Clancy E.A., Van Dieën J., Hug F., Lowery M., Merletti R., Søgaard K., Wrigley T., Besier T., Carson R.G., Disselhorst-Klug C., Enoka R.M., Falla D., Farina D., Gandevia S., Holobar A., Kiernan M.C., McGill K., Perreault E., Rothwell J.C., Tucker K. Consensus for Experimental Design in Electromyography (CEDE) Project: Amplitude Normalization Matrix // *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2020. Vol. 53. Art. № 102438. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102438>

37. Taborri J., Keogh J., Kos A., Santuz A., Umek A., Urbanczyk C., van der Kruk E., Rossi S. Sport Biomechanics Applications Using Inertial, Force, and EMG Sensors: A Literature Overview // *Appl. Bionics Biomech.* 2020. Vol. 23. Art. № 2041549. <https://doi.org/10.1155/2020/2041549>

38. Hyland-Monks R., Marchant D., Cronin L. Self-Paced Endurance Performance and Cerebral Hemodynamics of the Prefrontal Cortex: A Scoping Review of Methodology and Findings // *Percept. Mot. Skills.* 2022. Vol. 129, № 4. P. 1089–1114. <https://doi.org/10.1177/00315125221101017>

39. Tuesta M., Yáñez-Sepúlveda R., Verdugo-Marchese H., Mateluna C., Alvear-Ordenes I. Near-Infrared Spectroscopy Used to Assess Physiological Muscle Adaptations in Exercise Clinical Trials: A Systematic Review // *Biology (Basel)*. 2022. Vol. 11, № 7. Art. № 1073. <https://doi.org/10.3390/biology11071073>

40. Campanini I., Merlo A., Disselhorst-Klug C., Mesin L., Muceli S., Merletti R. Fundamental Concepts of Bipolar and High-Density Surface EMG Understanding and Teaching for Clinical, Occupational, and Sport Applications: Origin, Detection, and Main Errors // *Sensors (Basel)*. 2022. Vol. 22, № 11. Art. № 4150. <https://doi.org/10.3390/s22114150>

41. Sun J., Liu G., Sun Y., Lin K., Zhou Z., Cai J. Application of Surface Electromyography in Exercise Fatigue: A Review // *Front. Syst. Neurosci.* 2022. Vol. 16. Art. № 893275. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2022.893275>

42. Novak J. Assessment of the Impact of Acute Stress in Cases of Necessary Defense by Czech Courts // *Ido Mov. Cult. J. Martial Arts Anthropol.* 2019. Vol. 19. P. 89–91.

43. Domínguez-Jiménez J.A., Campo-Landines K.C., Martínez-Santos J.C., Contreras-Ortiz S.H. Emotion Detection Through Biomedical Signals: A Pilot Study // *Proceedings of the 14th International Symposium on Medical Information Processing and Analysis*. Vol. 10975. SPIE, 2018. Art. № 1097506. <https://doi.org/10.1117/12.2511598>

44. Vaez Mousavi S.M., Barry R.J., Clarke A.R. Individual Differences in Task-Related Activation and Performance // *Physiol. Behav.* 2009. Vol. 98, № 3. P. 326–330. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.06.007>

45. Mavros P., Wälti J.M., Nazemi M., Ong C.H., Hölscher C. A Mobile EEG Study on the Psychophysiological Effects of Walking and Crowding in Indoor and Outdoor Urban Environments // *Sci. Rep.* 2022. Vol. 12, № 1. Art. № 18476. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20649-y>

46. Mirifar A., Keil A., Ehrlenspiel F. Neurofeedback and Neural Self-Regulation: A New Perspective Based on Allostasis // *Rev. Neurosci.* 2022. Vol. 33, № 6. P. 607–629. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2021-0133>

47. Abed Alah M., Abdeen S., Selim N. Healthy Minds for Healthy Hearts: Tackling Stress-Induced Cardiac Events During the FIFA World Cup 2022 // *Vasc. Health Risk Manag.* 2022. Vol. 18. P. 851–856. <https://doi.org/10.2147/vhrm.s390549>

48. Hoenig T., Tenforde A.S., Strahl A., Rolvien T., Hollander K. Does Magnetic Resonance Imaging Grading Correlate with Return to Sports After Bone Stress Injuries? A Systematic Review and Meta-Analysis // *Am. J. Sports Med.* 2022. Vol. 50, № 3. P. 834–844. <https://doi.org/10.1177/0363546521993807>

49. Leis O., Lautenbach F. Psychological and Physiological Stress in Non-Competitive and Competitive Esports Settings: A Systematic Review // *Psychol. Sport Exerc.* 2020. Vol. 51. Art. № 101738.

References

1. Stepanov A., Lange A., Khromov N., Korotin A., Burnaev E., Somov A. Sensors and Game Synchronization for Data Analysis in eSports. *2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*. Helsinki, 2019, pp. 933–938. <https://doi.org/10.1109/INDIN41052.2019.8972249>

2. Andreu-Perez A.R., Kiani M., Andreu-Perez J., Reddy P., Andreu-Abela J., Pinto M., Izzetoglu K. Single-Trial Recognition of Video Gamer's Expertise from Brain Haemodynamic and Facial Emotion Responses. *Brain Sci.*, 2021, vol. 11, no. 1. Art. no. 106. <https://doi.org/10.3390/brainsci11010106>

3. Gong D., Ma W., Liu T., Yan Y., Yao D. Electronic-Sports Experience Related to Functional Enhancement in Central Executive and Default Mode Areas. *Neural Plast.*, 2019, vol. 2019. Art. no. 1940123. <https://doi.org/10.1155/2019/1940123>

4. Koshy A., Koshy G.M. The Potential of Physiological Monitoring Technologies in Esports. *Int. J. Esports*, 2020, vol. 1, no. 1.

5. Sharifat H., Suppiah S. Electroencephalography-Detected Neurophysiology of Internet Addiction Disorder and Internet Gaming Disorder in Adolescents – A Review. *Med. J. Malaysia*, 2021, vol. 76, no. 3, pp. 401–413.

6. Watanabe K., Saijo N., Minami S., Kashino M. The Effects of Competitive and Interactive Play on Physiological State in Professional Esports Players. *Heliyon*, 2021, vol. 7, no. 4. Art. no. e06844. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06844>

7. Martin-Niedecken A.L., Schättin A. Let the Body'n'Brain Games Begin: Toward Innovative Training Approaches in eSports Athletes. *Front. Psychol.*, 2020, vol. 11. Art. no. 138. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00138>

8. Yang X., McCoy E., Anaya-Boig E., Avila-Palencia I., Brand C., Carrasco-Turigas G., Dons E., Gerike R., Goetschi T., Nieuwenhuijsen M., Pablo Orjuela J., Int Panis L., Standaert A., de Nazelle A. The Effects of Traveling in Different Transport Modes on Galvanic Skin Response (GSR) as a Measure of Stress: An Observational Study. *Environ. Int.*, 2021, vol. 156. Art. no. 106764. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106764>

9. Tsuji T., Arikuni F., Sasaoka T., Suyama S., Akiyoshi T., Soh Z., Hirano H., Nakamura R., Saeki N., Kawamoto M., Yoshizumi M., Yoshino A., Yamawaki S. Peripheral Arterial Stiffness During Electrocutaneous Stimulation Is Positively Correlated with Pain-Related Brain Activity and Subjective Pain Intensity: An fMRI Study. *Sci. Rep.*, 2021, vol. 11, no. 1. Art. no. 4425. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83833-6>

10. DiFrancisco-Donoghue J., Werner W.G., Douris P.C., Zwibel H. Esports Players, Got Muscle? Competitive Video Game Players' Physical Activity, Body Fat, Bone Mineral Content, and Muscle Mass in Comparison to Matched Controls. *J. Sport Health Sci.*, 2020, vol. 11, no. 6, pp. 725–730. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.07.006>

11. Sousa A., Ahmad S.L., Hassan T., Yuen K., Douris P., Zwibel H., DiFrancisco-Donoghue J. Physiological and Cognitive Functions Following a Discrete Session of Competitive Esports Gaming. *Front. Psychol.*, 2020, vol. 11. Art. no. 1030. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01030>

12. Yamagata K., Yamagata L.M., Abela M. A Review Article of the Cardiovascular Sequelae in Esport Athletes: A Cause for Concern? *Hellenic J. Cardiol.*, 2022, vol. 68, pp. 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.hjc.2022.06.005>

13. Church D., Stapleton P., Vasudevan A., O'Keefe T. Clinical EFT as an Evidence-Based Practice for the Treatment of Psychological and Physiological Conditions: A Systematic Review. *Front. Psychol.*, 2022, vol. 13. Art. no. 951451. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.951451>

14. Melentev N., Somov A., Burnaev E., Strelnikova I., Strelnikova G., Melenteva E., Menshchikov A. eSports Players Professional Level and Tiredness Prediction Using EEG and Machine Learning. *2020 IEEE SENSORS*. Rotterdam, 2020, pp. 1–4. <https://doi.org/10.1109/SENSORS47125.2020.9278704>

15. Seidel-Marzi O., Ragert P. Neurodiagnostics in Sports: Investigating the Athlete's Brain to Augment Performance and Sport-Specific Skills. *Front. Hum. Neurosci.*, 2020, vol. 14. Art. no. 133. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00133>

16. Glass J., McGregor C. Towards Player Health Analytics in Overwatch. *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*. Vancouver, 2020, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/SeGAH49190.2020.9201733>

17. Friedl K.E. Military Applications of Soldier Physiological Monitoring. *J. Sci. Med. Sport*, 2018, vol. 21, no. 11, pp. 1147–1153. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.06.004>
18. Soler-Dominguez J.L., Gonzalez C. Using EEG and Gamified Neurofeedback Environments to Improve eSports Performance: Project Neuroprotrainer. *Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2021)*. Vol. 1: GRAPP. SciTePress, 2021, pp. 278–283. <https://doi.org/10.5220/0010314502780283>
19. Gong A., Gu F., Nan W., Qu Y., Jiang C., Fu Y. A Review of Neurofeedback Training for Improving Sport Performance from the Perspective of User Experience. *Front. Neurosci.*, 2021, vol. 15. Art. no. 638369. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.638369>
20. Bolkenius D., Dumps C., Rupprecht B. Nahinfrarotspektroskopie: Technik, Entwicklung, aktueller Einsatz und Ausblick. *Anaesthesist*, 2021, vol. 70, no. 3, pp. 190–203. <https://doi.org/10.1007/s00101-020-00837-z>
21. Crispin P., Forwood K. Near Infrared Spectroscopy in Anemia Detection and Management: A Systematic Review. *Transfus. Med. Rev.*, 2021, vol. 35, no. 1, pp. 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.tmr.2020.07.003>
22. Pratihier S., Radhakrishnan A., Sahoo K.P., Alam S., Kerick S.E., Banerjee N., Ghosh N., Patra A. Classification of VR-Gaming Difficulty Induced Stress Levels Using Physiological (EEG & ECG) Signals and Machine Learning. *TechRxiv*. Preprint, 2021. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.16873471.v1>
23. Pedraza-Ramirez I., Musculus L., Raab M., Laborde S. Setting the Scientific Stage for Esports Psychology: A Systematic Review. *Int. Rev. Sport Exerc. Psychol.*, 2020, vol. 13, no. 1, pp. 319–352. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2020.1723122>
24. Listman J.B., Tsay J.S., Kim H.E., Mackey W.E., Heeger D.J. Long-Term Motor Learning in the “Wild” with High Volume Video Game Data. *Front. Hum. Neurosci.*, 2021, vol. 15. Art. no. 777779. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.777779>
25. Toth A.J., Ramsbottom N., Kowal M., Campbell M.J. Converging Evidence Supporting the Cognitive Link Between Exercise and Esport Performance: A Dual Systematic Review. *Brain Sci.*, 2020, vol. 10, no. 11. Art. no. 859. <https://doi.org/10.3390/brainsci10110859>
26. Herold F., Gronwald T., Scholkman F., Zohdi H., Wyser D., Müller N.G., Hamacher D. New Directions in Exercise Prescription: Is There a Role for Brain-Derived Parameters Obtained by Functional Near-Infrared Spectroscopy? *Brain Sci.*, 2020, vol. 10, no. 6. Art. no. 342. <https://doi.org/10.3390/brainsci10060342>
27. Forcione M., Chiarelli A.M., Perpetuini D., Davies D.J., O’Halloran P., Hacker D., Merla A., Belli A. Tomographic Task-Related Functional Near-Infrared Spectroscopy in Acute Sport-Related Concussion: An Observational Case Study. *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21, no. 17. Art. no. 6273. <https://doi.org/10.3390/ijms21176273>
28. Yokota Y., Soshi T., Naruse Y. Error-Related Negativity Predicts Failure in Competitive Dual-Player Video Games. *PLoS One*, 2019, vol. 14, no. 2. Art. no. e0212483. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212483>
29. Deng X., Wang J., Zang Y., Li Y., Fu W., Su Y., Chen X., Du B., Dong Q., Chen C., Li J. Intermittent Theta Burst Stimulation over the Parietal Cortex Has a Significant Neural Effect on Working Memory. *Hum. Brain Mapp.*, 2022, vol. 43, no. 3, pp. 1076–1086. <https://doi.org/10.1002/hbm.25708>
30. Sun W., Guo Z., Yang Z., Wu Y., Lan W., Liao Y., Wu X., Liu Y. A Review of Recent Advances in Vital Signals Monitoring of Sports and Health via Flexible Wearable Sensors. *Sensors (Basel)*, 2022, vol. 22, no. 20. Art. no. 7784. <https://doi.org/10.3390/s22207784>
31. Antal A., Luber B., Brem A.K., Bikson M., Brunoni A.R., Cohen Kadosh R., Dubljević V., Fecteau S., Ferreri F., Flöel A., Hallett M., Hamilton R.H., Herrmann C.S., Lavidor M., Loo C., Lustenberger C., Machado S., Miniussi C., Moliadze V., Nitsche M.A., Rossi S., Rossini P.M., Santarnecchi E., Seeck M., Thut G., Turi Z., Ugawa Y., Venkatasubramanian G., Wenderoth N., Wexler A., Ziemann U., Paulus W. Non-Invasive Brain Stimulation and Neuroenhancement. *Clin. Neurophysiol. Pract.*, 2022, vol. 7, pp. 146–165. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2022.05.002>
32. Fang Q., Fang C., Li L., Song Y. Impact of Sport Training on Adaptations in Neural Functioning and Behavioral Performance: A Scoping Review with Meta-Analysis on EEG Research. *J. Exerc. Sci. Fit.*, 2022, vol. 20, no. 3, pp. 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.04.001>
33. Kiani M., Andreu-Perez J., Hagraas H., Papageorgiou E.I., Prasad M., Lin C.-T. Effective Brain Connectivity for fNIRS with Fuzzy Cognitive Maps in Neuroergonomics. *IEEE Trans. Cogn. Dev. Syst.*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 50–63. <https://doi.org/10.1109/TCDS.2019.2958423>

34. Merletti R., Muceli S. Tutorial. Surface EMG Detection in Space and Time: Best Practices. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 2019, vol. 49. Art. no. 102363. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.102363>
35. Campanini I., Disselhorst-Klug C., Rymer W.Z., Merletti R. Surface EMG in Clinical Assessment and Neurorehabilitation: Barriers Limiting Its Use. *Front. Neurol.*, 2020, vol. 11. Art. no. 934. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00934>
36. Besomi M., Hodges P.W., Clancy E.A., Van Dieën J., Hug F., Lowery M., Merletti R., Søgaard K., Wrigley T., Besier T., Carson R.G., Disselhorst-Klug C., Enoka R.M., Falla D., Farina D., Gandevia S., Holobar A., Kiernan M.C., McGill K., Perreault E., Rothwell J.C., Tucker K. Consensus for Experimental Design in Electromyography (CEDE) Project: Amplitude Normalization Matrix. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 2020, vol. 53. Art. no. 102438. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102438>
37. Taborri J., Keogh J., Kos A., Santuz A., Umek A., Urbanczyk C., van der Kruk E., Rossi S. Sport Biomechanics Applications Using Inertial, Force, and EMG Sensors: A Literature Overview. *Appl. Bionics Biomech.*, 2020, vol. 23. Art. no. 2041549. <https://doi.org/10.1155/2020/2041549>
38. Hyland-Monks R., Marchant D., Cronin L. Self-Paced Endurance Performance and Cerebral Hemodynamics of the Prefrontal Cortex: A Scoping Review of Methodology and Findings. *Percept. Mot. Skills*, 2022, vol. 129, no. 4, pp. 1089–1114. <https://doi.org/10.1177/00315125221101017>
39. Tuesta M., Yáñez-Sepúlveda R., Verdugo-Marchese H., Mateluna C., Alvear-Ordenes I. Near-Infrared Spectroscopy Used to Assess Physiological Muscle Adaptations in Exercise Clinical Trials: A Systematic Review. *Biology (Basel)*, 2022, vol. 11, no. 7. Art. no. 1073. <https://doi.org/10.3390/biology11071073>
40. Campanini I., Merlo A., Disselhorst-Klug C., Mesin L., Muceli S., Merletti R. Fundamental Concepts of Bipolar and High-Density Surface EMG Understanding and Teaching for Clinical, Occupational, and Sport Applications: Origin, Detection, and Main Errors. *Sensors (Basel)*, 2022, vol. 22, no. 11. Art. no. 4150. <https://doi.org/10.3390/s22114150>
41. Sun J., Liu G., Sun Y., Lin K., Zhou Z., Cai J. Application of Surface Electromyography in Exercise Fatigue: A Review. *Front. Syst. Neurosci.*, 2022, vol. 16. Art. no. 893275. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2022.893275>
42. Novak J. Assessment of the Impact of Acute Stress in Cases of Necessary Defense by Czech Courts. *Ido Mov. Cult. J. Martial Arts Anthropol.*, 2019, vol. 19, no. 1S, pp. 89–91. <https://doi.org/10.14589/ido.19.1S.13>
43. Domínguez-Jiménez J.A., Campo-Landines K.C., Martínez-Santos J.C., Contreras-Ortiz S.H. Emotion Detection Through Biomedical Signals: A Pilot Study. *Proceedings of the 14th International Symposium on Medical Information Processing and Analysis*. Vol. 10975. SPIE, 2018. Art. no. 1097506. <https://doi.org/10.1117/12.2511598>
44. Vaez Mousavi S.M., Barry R.J., Clarke A.R. Individual Differences in Task-Related Activation and Performance. *Physiol. Behav.*, 2009, vol. 98, no. 3, pp. 326–330. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.06.007>
45. Mavros P., Wälti J.M., Nazemi M., Ong C.H., Hölscher C. A Mobile EEG Study on the Psychophysiological Effects of Walking and Crowding in Indoor and Outdoor Urban Environments. *Sci. Rep.*, 2022, vol. 12, no. 1. Art. no. 18476. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20649-y>
46. Mirifar A., Keil A., Ehrlenspiel F. Neurofeedback and Neural Self-Regulation: A New Perspective Based on Allostasis. *Rev. Neurosci.*, 2022, vol. 33, no. 6, pp. 607–629. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2021-0133>
47. Abed Alah M., Abdeen S., Selim N. Healthy Minds for Healthy Hearts: Tackling Stress-Induced Cardiac Events During the FIFA World Cup 2022. *Vasc. Health Risk Manag.*, 2022, vol. 18, pp. 851–856. <https://doi.org/10.2147/vhrm.s390549>
48. Hoenig T., Tenforde A.S., Strahl A., Rolvien T., Hollander K. Does Magnetic Resonance Imaging Grading Correlate with Return to Sports After Bone Stress Injuries? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am. J. Sports Med.*, 2022, vol. 50, no. 3, pp. 834–844. <https://doi.org/10.1177/0363546521993807>
49. Leis O., Lautenbach F. Psychological and Physiological Stress in Non-Competitive and Competitive Esports Settings: A Systematic Review. *Psychol. Sport Exerc.*, 2020, vol. 51. Art. no. 101738.

Received 20 March 2023
Accepted 20 September 2023
Published 30 November 2023

Поступила 20.03.2023
Принята 20.09.2023
Опубликована 30.11.2023