

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭНДОКАННАБИНОИДНОЙ СИСТЕМЫ И ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

**В.В. Бизяев**, [bizaevvv@mgsu.ru](mailto:bizaevvv@mgsu.ru), <https://orcid.org/0009-0002-4326-4930>  
**Н.Н. Бумарскова**, [BumarskovaNN@mgsu.ru](mailto:BumarskovaNN@mgsu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8853-2519>  
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

**Аннотация.** Цель: обобщение результатов исследований и выявление взаимосвязей эндоканнабиноидной системы с физической активностью человека. **Материалы и методы.** Исследованы доктринальные источники, для определения взаимодействия эндоканнабиноидной системы на организм человека во время физической активности, а также проанализирована данная информация. **Результаты.** Инициированные серии цепных реакций эндоканнабиноидной системы, которые регулируют и контролируют все клеточные процессы и последующие биологические эффекты, играют важную роль в балансировании возбудимости круговых путей, контролирующими двигательные действия. **Заключение.** Эндоканнабиноидная система играет важную роль в балансировании возбудимости круговых цепей, контролирующими двигательные акты, действующие на физиологический ответ организма – физические упражнения.

**Ключевые слова:** эндоканнабиноидная система, физическая активность, нейротрансмиттеры, синаптическая передача

**Для цитирования:** Бизяев В.В., Бумарскова Н.Н. Взаимосвязь эндоканнабиноидной системы и физической активности // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № S1. С. 26–30. DOI: 10.14529/hsm24s204

Review article  
DOI: 10.14529/hsm24s204

## THE INTERPLAY BETWEEN THE ENDOCANNABINOID SYSTEM AND PHYSICAL ACTIVITY

**V.V. Bizaev**, [bizaevvv@mgsu.ru](mailto:bizaevvv@mgsu.ru), <https://orcid.org/0009-0002-4326-4930>  
**N.N. Bumarskova**, [BumarskovaNN@mgsu.ru](mailto:BumarskovaNN@mgsu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8853-2519>  
Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

**Abstract. Aim.** This comprehensive review synthesizes existing research to identify the relationship between the endocannabinoid system (ECS) and human physical activity. **Materials and methods.** Through a thorough examination of domestic and international research on endogenous opiates, we conducted a comparative analysis of the ECS's role in modulating physiological responses to exercise. **Results.** Specifically, the initiated chain reactions of the ECS, which regulate and control all cellular processes and subsequent biological effects, modulate the excitability of circular pathways controlling motor functions. **Conclusion.** These findings suggest that the ECS influences the physiological response to physical exercise by balancing the responsiveness of neural circuits involved in motor control.

**Keywords:** endocannabinoid system, physical activity, neurotransmitters, synaptic transmission

**For citation:** Bizaev V.V., Bumarskova N.N. The interplay between the endocannabinoid system and physical activity. *Human. Sport. Medicine*. 2024;24(S1):26–30. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm24s204

**Введение.** Исследование воздействия психоактивного каннабиноидного ингредиента дельта-9-тетрагидроканнабинол (ТГК) на организм человека привело к открытию рецепторных систем в нашем организме, к которым каннабиноиды присоединяются и активируют их. Было показано, что эти рецепторы являются частью сложной системы, называемой эндоканнабиноидной системой (ЭКС) [2, 20, 21]. ЭКС состоит из эндоканнабиноидных рецепторов, эндогенных каннабиноидов (эндоканнабиноидов) в качестве нейротрансмиттеров и ферментов, ответственных за синтез и деградацию эндоканнабиноидов. ЭКС – это нейрорегуляторная система в организме человека, играющая важную роль в модуляции многочисленных физиологических процессов. Гиперактивность ЭКС способствует чрезмерному потреблению высококалорийной пищи и образованию жировых отложений, а гипоактивность этой системы является одним из факторов риска развития тревожного синдрома, депрессии и посттравматических расстройств [3]. Однако специфический эффект хорошего настроения, счастья, эйфории, наблюдаемый у представителей спорта на выносливость, долгое время оставался невыясненным [9, 14, 17].

Эндоканнабиноиды являются нейротрансмиттерами липидной консистенции, которые высвобождаются на постсинаптических нейронах. Они ретроградно воздействуют на модуляцию синаптической передачи, активируя пресинаптические каннабиноидные рецепторы. Этот тип ретроградной нейронной коммуникации вызывает подавление ингибирования индуцированной деполяризации.

В связи с вышесказанным целью нашего исследования являлось обобщение результатов исследований и выявление взаимосвязей эндоканнабиноидной системы с физической активностью человека [11, 19].

**Материалы и методы.** Материалом для работы послужили результаты исследований отечественных и зарубежных авторов, посвященные эндогенным опиатам в человеческом мозге и связанным с ними рецепторам, проведен анализ.

**Результаты исследования.** На основе полученных данных определено, что нейротрансмиттеры выделяются в человеческом мозге и служат передатчиками сообщений, а также существует определенная связь между рецепторами и нейротрансмиттерами в том

смысле, что каждый нейротрансмиттер несет код для определенных рецепторов и когда они связаны между собой, целевые рецепторы активируются. Следствием этого является иницирование серии цепных реакций, которые регулируют и контролируют все клеточные процессы и последующие биологические эффекты.

Все известные до недавнего времени нейротрансмиттеры в организме человека были растворимы в воде и обладали способностью откладываться. Их высвобождение и переход из пре- в постсинаптическую локализацию через синаптическую щель происходили, когда нейроны давали импульсы. Эндоканнабиноидный рецептор представляет собой молекулу белка, встроенную в мембрану или цитоплазму клетки, с которой могут связываться один или несколько конкретных типов сигнальных молекул, каннабиноиды активируют специфические рецепторы, связанные с белками (CB1). Чаще всего они встречаются в коре головного мозга, гиппокампе, гипоталамусе, мозжечке, базальных ганглиях, стволе головного мозга, спинном мозге и ядре миндалина. Такое расположение рецепторов CB1 в ЦНС определяет их психоактивную роль, что отражается в следующих эффектах: изменения познания, памяти, двигательной дисфункции, обезболивающий эффект, влияние на рвотный рефлекс, стимуляция аппетита, воздействие на эмоциональные реакции. Рецепторы CB1 также были обнаружены в периферических тканях: адипоцитах, печени, поджелудочной железе, скелетных мышцах. Рецептор CB2 в основном присутствует в клетках иммунной системы и в головном мозге [6, 8, 12].

Использование аэробных упражнений средней интенсивности у лабораторных животных также привело к изменениям в ЦНС в виде увеличения плотности рецепторов CB1, активности гиппокампа и уровней анандамида в плазме. ЭКС преодолевают гематоэнцефалический барьер, а также при некоторых положительных психических реакциях эффекты физических упражнений и действие ЭКС перекрываются [7, 18]. Таким образом, активация ЭКС физическими упражнениями и их действие сначала подтверждается на психологическом уровне [10, 16].

Одним из важных эффектов физических упражнений является подавление боли (обезболивающий эффект или антиноцицепция). Возможное объяснение механизма этого эф-

фекта заключается в том, что ЕКС, запускаемый физическими упражнениями, действует путем ретроградной активации на молекулы-мишени в центрах боли в головном мозге, рецепторы. Эндоканнабиноиды действуют как на центральном, так и на периферическом уровнях, подавляя передачу боли. Центральное проявляющееся влияние на модуляцию болевых сигналов начинается в стволе мозга, то есть в периакведуктальной серой массе, частях рострального вентромедиального ядра и заднем роге спинного мозга. Периферическая модуляция боли эндоканнабиноидами происходит на уровне ганглиев задних корешков, а также проводящих боль афферентных волокон (Аδ-волокна и С-волокна) [5].

Расположение эндоканнабиноидных рецепторов в базальных ганглиях и мозжечке в первую очередь отвечает за влияние ЕКС на двигательные навыки и контроль движений. Базальные ганглии, в которых находятся центры управления простыми двигательными действиями и автоматическими движениями, также имеют плотное расположение рецепторов СВ1. Любой навык, который часто практикуется и становится автоматизированным, находится под большим контролем центров, расположенных в базальных ганглиях. В мозжечке активация дисфункцией ЭКС и высвобождение 2 АГ приводит к лучшей координации, точности и временной оценке движения, дисфункцией ЭКС спинного мозга участвует в контроле скорости мышечных сокращений [13]. Экспериментальное введение эндогенных и синтетических каннабиноидов различным людям показало двухэтапный эффект на двигательные действия: применение в более высоких дозах вызывало тормозящее действие [4], а также эффект, при котором могут использоваться произвольные движения (тремор, тики, дискинезия, дистония); в меньших дозах они приводили к гиперактивности. Обнаружено, что эндоканнабиноиды играют важную роль в балансировании возбудимости круговых путей, контролирующей двигательные действия. Эндоканнабиноиды в спинном мозге вы-

зывают сдвиг в балансе возбудимости, что создает основу для более быстрого начала движения с более коротким возбуждающим путем от нисходящих командных центров к эффектору [1].

Физическая активность оказывает положительное влияние на периферические ткани, активируя процесс разложения жировых отложений, повышая уровень чувствительности к действию инсулина на периферии, стимулируя процесс окисления. ЭКС проявляет в основном негативные эффекты на уровне периферических тканей. Было показано, что анандамид не только препятствует утилизации глюкозы в скелетных мышцах, но также влияет на передачу и активность инсулина [15].

**Заключение.** Анализируя вышесказанное, отметим, что физическая активность влияет на уровень нейромедиаторов и положительно воздействует на функционирование иммунной и метаболической системы, настроение и поведение, чувство боли. Долгое время считалось, что физические упражнения действуют исключительно во взаимодействии с эндорфинергической и моноаминергической системами. Открытие ЕКС внесло ясность положительного влияния на психическое состояние после выполнения физических упражнений. Влияние продолжительности, интенсивности, типа физической активности, выбора упражнений на эндоканнабиноидную систему и в дальнейшем на нейробиологические и психологические изменения положительно влияют на сложные двигательные навыки, познавательные способности, регуляцию температуры, чувство боли во время физических нагрузок. Уменьшение боли в мышцах, сокращение периода восстановления после тренировок и соревнований, улучшение спортивных результатов являются отчасти причинами активации эндоканнабиноидных сигналов. Бег как автоматизированное движение находится под наибольшим контролем этих центров и, следовательно, в большей степени связан с дисфункцией ЭКС в отличие от более сложных движений при других физических нагрузках.

#### Список литературы / References

1. Караман Ю.К., Лобанова Е.Г. Эндоканнабиноиды и эйкозаноиды: биосинтез, механизмы их взаимосвязи, роль в иммунных процессах // Мед. иммунология. 2013. Т. 15, № 2. С. 119–130. [Karaman Yu.K., Lobanova E.G. [Endocannabinoids and Eicosamoids. Biosynthesis, Mechanisms of Their Relationship, Role in Immune Processes]. *Meditinskaya immunologiya* [Medical Immunology], 2013, vol. 15, no. 2, pp. 119–130. (in Russ.)] DOI: 10.15789/1563-0625-2013-2-119-130

2. Кытикова О.Ю., Антонюк М.В., Гвозденко Т.А. Метаболические аспекты взаимосвязи ожирения и бронхиальной астмы // Ожирение и метаболизм. 2018. Т. 15, № 4. С. 9–14. [Kytikova O.Yu., Antonyuk M.V., Gvozdenko T.A. [Metabolic Aspects of the Relationship Between Obesity and Bronchial Asthma]. *Ozhirenie i metabolism* [Obesity and Metabolism], 2018, vol. 15, no. 4, pp. 9–14. (in Russ.)] DOI: 10.14341/omet9578
3. Хаспеков Л.Г., Бобров М.Ю. Эндогенная каннабиноидная система и ее защитная роль при ишемическом и цитотоксическом повреждении нейронов головного мозга // Нейрохимия. 2006. Т. 23, № 2. С. 85–105. [Khaspekov L.G., Bobrov M.Yu. [Endogenous Cannabinoid System and its Protective Role in Ischemic and Cytotoxic Damage to Brain Neurons]. *Neyrokhimiya* [Neurochemistry], 2006, vol. 23, no. 2, pp. 85–105. (in Russ.)]
4. Шубина Л.В., Кичигина В.Ф. Эндогенная каннабиноидная система мозга: роль в регуляции судорожной активности // Успехи физиол. наук. 2012. Т. 43, № 3. С. 21–37. [Shubina L.V., Kichigina V.F. [The Endogenous Cannabinoid System of the Brain. A Role in the Regulation of Seizure Activity]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk* [Advances in Physiological Sciences], 2012, vol. 43, no. 3, pp. 21–37. (in Russ.)]
5. Di Marzo V., De Petrocellis L., Fezza F. et al. Anandamide Receptors. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 2002, vol. 66, pp. 377–391. DOI: 10.1054/plf.2001.0349
6. Fernández-Ruiz J., Romero J., Velasco G. et al. Cannabinoid CB2 Receptor. A New Target for Controlling Neural Cell Survival. *Trends in Pharmacological Sciences*, vol. 28, pp. 39–45. DOI: 10.1016/j.tips.2006.11.001
7. Callén L., Moreno E., Barraso-Chinea P. et al. Cannabinoid Receptors CB1 and CB2 Form Functional Heteromers in the Brain. *Journal of Biological Chemistry*, 2012, vol. 287, pp. 20851–20865. DOI: 10.1074/jbc.M111.335273
8. Dubreucq S., Koehl M., Abrous D.N. et al. CB1 Receptor Deficiency Decreases Wheel-running Activity: Consequences on Emotional Behaviours and Hippocampal Neurogenesis. *Experimental Neurology*, 2010, vol. 224, pp. 106–113. DOI: 10.1016/j.expneurol.2010.01.017
9. Cota D. CB1 Receptors: Emerging Evidence for Central and Peripheral Mechanisms That Regulate Energy Balance, Metabolism, and Cardiovascular Health. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 2007, vol. 23, pp. 507–517. DOI: 10.1002/dmrr.764
10. Dietrich A., McDaniel W.F. Endocannabinoids and Exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 2004, vol. 38, pp. 536–541. DOI: 10.1136/bjism.2004.011718
11. El Manira A., Kyriakatos A. The Role of Endocannabinoid Signaling in Motor Control. *Physiology*, 2010, vol. 25, no. 4, pp. 230–233. DOI: 10.1152/physiol.00007.2010
12. Sparling P.B., Giuffrida A., Piomelli D. et al. Exercise Activates the Endocannabinoid System. *NeuroReport*, 2003, vol. 14, no. 17, pp. 2209–2211. DOI: 10.1097/00001756-200312020-00015
13. Antunes H.K., Leite G.S., Lee K.S. et al. Exercise Deprivation Increases Negative Mood in Exercise-addicted Subjects and Modifies Their Biochemical Markers. *Physiology & Behavior*, 2016, vol. 156, pp. 182–190. DOI: 10.1016/j.physbeh.2016.01.028
14. Raichlen D.A., Foster A.D., Seillier A. et al. Exercise-induced Endocannabinoid Signaling is Modulated by Intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 2013, vol. 113, no. 4, pp. 869–875. DOI: 10.1007/s00421-012-2495-5
15. Gleeson M., Walsh N.P., British Association of Sport and Exercise Sciences. The BASES Expert Statement on Exercise, Immunity, and Infection. *Journal of Sports Science*, 2012, vol. 30, no. 3, pp. 321–324. DOI: 10.1080/02640414.2011.627371
16. Hamedinia M., Sharifi M., Hosseini-Kakhak A. The Effect of Eight Weeks of Aerobic, Anaerobic and Resistance Training on Some Factor of Endocannabinoid System, Serotonin, Beta-Endorphin and BDNF in Young Men. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 2017, vol. 14, no. 3, pp. 1201–1210. DOI: 10.13005/bbra/2562
17. Lu H.C., Mackie K. An Introduction to the Endogenous Cannabinoid System. *Biological Psychiatry*, 2016, vol. 79, no. 7, pp. 516–525. DOI: 10.1016/j.biopsych.2015.07.028
18. Maccarrone M., Fiori A., Bari M. et al. Regulation by Cannabinoid Receptors of Anandamide Transport Across the Blood-brain Barrier and Through Other Endothelial Cells. *Thrombosis and Haemostasis*, 2006, vol. 95, no. 1, pp. 117–127. DOI: 10.1160/TH05-06-0413

19. Viscomi M.T., Oddi S., Latini L. et al. Selective CB2 Receptor Agonism Protects Central Neurons from Remote Axotomy-induced Apoptosis Through the PI3K/Akt Pathway. *Journal of Neuroscience*, 2009, no. 29, pp. 4564–4570. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.0786-09.2009

20. Cavuoto P., McAinch A.J., Hatzinikolas G. et al. The Expression of Receptors for Endocannabinoids in Human and Rodentskeletal Muscle. *Biochemical and Biophysical Research*, 2007, vol. 364, pp. 105–111. DOI: 10.1016/j.bbrc.2007.09.099

21. Gasperi V., Ceci R., Tantimonaco M. et al. The Fatty Acid Amide Hydrolase in Lymphocytes from Sedentary and Active Subjects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2014, vol. 1 (46), pp. 24–32. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182a10ce6

**Информация об авторах**

**Бизяев Василий Васильевич**, директор института физической культуры и спорта, Московский государственный строительный университет, Москва, Россия.

**Бумарскова Наталья Николаевна**, доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания и спорта, Московский государственный строительный университет, Москва, Россия.

**Information about the authors**

**Bizaev V. Vasilievich**, Director of the Institute of Physical Education and Sports, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia.

**Natalya N. Bumarskova**, Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia.

**Вклад авторов:**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:**

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 22.12.2023**

**The article was submitted 22.12.2023**