

БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА И ЦЕРЕБРАЛЬНАЯ ГЕМОДИНАМИКА ЛЫЖНИКОВ ПРИЗЫВНОГО ВОЗРАСТА В ДИНАМИКЕ СЕЗОНОВ ГОДА: ПРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Е. В. Масько[✉]*, И. Г. Мосягин[✉], И. М. Бойко[✉]

Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Выполнение тяжелой тренировочной нагрузки в экстремальных климатических условиях Европейского Севера неизбежно требует от организма спортсмена адаптационных реакций, следствием которых неизбежно будет влияние на функциональные показатели центральной нервной системы.

ЦЕЛЬ: Выявить особенности сезонных изменений биоэлектрической активности и церебральной гемодинамики лыжников призывного возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: В исследовании приняли участие 20 лыжников призывного возраста. Исследование проводилось в течение года и включало в себя четыре этапа, соответствующие этапам подготовки спортсменов. В ходе проведения работы с помощью электроэнцефалографа МБН «Нейрокартограф-8» и реографа «Диамант-Р» выполнялась регистрация показателей биоэлектрической активности и церебральной гемодинамики головного мозга. Оценка психологического состояния проводилась с применением теста тревоги и депрессии по методике А. А. Карелина.

РЕЗУЛЬТАТЫ: В результате исследования установлено, что у лыжников призывного возраста с нарастанием влияния тренировочной деятельности и негативных факторов Севера наблюдается ухудшение показателей церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Функционирование организма спортсмена в условиях Европейского Севера приводит к ухудшению показателей гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга и нарастанию тревожно-депрессивных состояний в зимний этап подготовки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, призывной возраст, лыжники, сезоны года, церебральная активность, биоэлектрическая активность головного мозга

*Для корреспонденции: Масько Евгений Валерьевич, maskoev@yandex.ru

*For correspondence: Evgeny V. Masko, maskoev@yandex.ru

Для цитирования: Масько Е.В., Мосягин И.Г., Бойко И.М. Биоэлектрическая активность головного мозга и церебральная гемодинамика лыжников призывного возраста в динамике сезонов года // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 4. С. 72–77, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-4-72-77>.

For citation: Masko E.V., Mosyagin I.G., Boyko I.M. Bioelectric activity of a brain and cerebral hemodynamics in skiers of military age over seasons of the year // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 4. P. 72–77, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-4-72-77>.

BIOELECTRIC ACTIVITY OF A BRAIN AND CEREBRAL HEMODYNAMICS IN SKIERS OF MILITARY AGE OVER SEASONS OF THE YEAR: PROSPECTIVE STUDY

Evgeny V. Masko[✉]*, Igor G. Mosyagin[✉], Igor M. Boyko[✉]

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

© Авторы, 2022. Издательство ООО «Балтийский медицинский образовательный центр». Данная статья распространяется на условиях «открытого доступа», в соответствии с лицензией ССВУ-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии указания автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

INTRODUCTION: The heavy training load in extreme climatic conditions of the European North inevitably requires adaptive reactions from the athlete's body, consequently, influencing on functional performance of the central nervous system.

OBJECTIVE: To identify the patterns of seasonal changes of bioelectric activity and cerebral hemodynamics in skiers of military age.

MATERIALS AND METHODS: The study involved 20 skiers of military age. The study was conducted over a year and included 4 stages, relevant to athletes' preparation stages. In the course of work the indicators of bioelectric activity and brain cerebral hemodynamics were registration, using electroencephalograph NMG «Neurocartograph-8» and reograph «Diamant-R». Psychological status assessment was conducted using the anxiety and depression test, according to the method of A. A. Karelin.

RESULTS: As a result of the study, it was found that skiers of military age experience deterioration in cerebral hemodynamics and brain bioelectric activity with the increase in training and negative factors of the North.

CONCLUSION: Functioning of the athlete's body in the European North results in deterioration of cerebral hemodynamics and brain bioelectric activity and increase of anxiety-depressive conditions in the winter preparation stage.

KEYWORDS: marine medicine, military age, skiers, seasons of the year, cerebral activity, bioelectric activity of the brain

Введение. Осуществление тренировочной и соревновательной деятельности в условиях Европейского Севера предъявляет повышенные требования как к функциональному состоянию организма спортсмена, так и к механизмам адаптации организма к условиям внешней среды.

Европейский Север России включает в свой состав регионы с неблагоприятным климатом: республики Коми и Карелия, Ненецкий автономный округ, Мурманскую, Вологодскую и Архангельскую области. На территории Европейского Севера площадью 1466 тыс. км² проживает более 5 млн человек. Ежедневно организм каждого спортсмена, помимо влияния погоды высокой жесткости, включающей в себя влияние низких температур, воздействие значительной ветровой нагрузки, частые перепады атмосферного давления и сезонные изменения фотопериодичности, подвергается тяжелым физическим нагрузкам, вследствие чего состоянию здоровья данной категории граждан должно уделяться повышенное внимание.

Принимая во внимание, что лыжные гонки являются наиболее распространенным видом спорта в регионах, относящихся к Европейскому Северу, исследование функционального состояния нервной системы у данной категории граждан, призываемых на срочную службу, необходимо для понимания закономерностей проявления компенсаторно-приспособительных реакций организма в течение сезонов года.

Цель. Выявить особенности сезонных изменений показателей церебральной гемодинамики, биоэлектрической активности головного мозга и психологического состояния лиц призывного

возраста, занимающихся лыжными гонками в условиях Европейского Севера России.

Материалы и методы. Регистрация исследуемых показателей церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга осуществлялась в утренние часы в условиях медицинского кабинета лыжного стадиона физкультурно-оздоровительного комплекса «Звездочка» г. Северодвинска. В ходе выполнения работы было обследовано 20 лыжников (n=20, возраст 20,0±1,7 года), имевших 1 или 2 взрослый спортивный разряд и соответствовавших официальному критерию здоровья ВОЗ. Все обследуемые были рождены и постоянно проживали на территории Архангельской области. Критериями исключения для обследуемой группы являлись наличие состояний напряжения или утомления в день обследования, наличие в анамнезе любой неврологической патологии, а также вредных привычек. Регистрация исследуемых показателей церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга осуществлялась в ходе комплексного исследования, включавшего также исследование сердечно-сосудистой и дыхательной систем, что позволило исключить иные скрытые патологии в исследуемой группе.

Исследование церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга спортсменов осуществлялось в соответствии с этапами подготовки 4 раза в течение года: октябрь, январь, апрель, июль. Для регистрации биоэлектрической активности головного мозга применялся электроэнцефалограф МБН «Нейрокартограф-8» в восьми стандартных отведениях Fp1, Fp2, F3, F4, P3, P4, O1, O2. Запись

велась монополярно с расположением референтных электродов на мочках ушей и оцифровкой полученных электроэнцефалограмм на частоте 128 Гц [1, с. 74–78; 2, с. 45–54; 3, с. 666–670; 4, с. 44–47]. Регистрация реограмм осуществлялась с помощью комплекса КМ-АР-01

стоверных отличий не было выявлено. В летний период наблюдались максимальные значения амплитуды альфа-ритма. В ходе осеннего и зимнего этапов исследования наблюдалось статистически достоверное уменьшение амплитуды альфа-ритма (табл. 1).

Таблица 1
Амплитуда альфа-ритма лыжников в динамике сезонов года (Me, Q₂₅; Q₇₅)

Table 1

The amplitude of the alpha rhythm of skiers in the dynamics of the seasons of the year (Md, Q₂₅; Q₇₅)

Показатель	Осень (1)	Зима (2)	Весна (3)	Лето (4)	p ₁₋₂	p ₂₋₃	p ₃₋₄	p ₄₋₁	p ₁₋₃	p ₂₋₄
O1, мкВ	15,13 (14,65; 15,57)	14,29 (14,01; 14,72)	14,67 (14,18; 15,12)	16,07 (15,35; 16,38)			*	*		*
O2, мкВ	15,29 (14,78; 15,65)	14,28 (13,98; 14,47)	14,68 (14,11; 15,28)	16,18 (15,73; 16,54)			*	*		*

Примечание: различия достоверны в динамике этапов исследования: *p<0,05; ** p<0,01; ***p<0,001.

Note: the differences are significant in the dynamics of the study stages: *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001.

в комплектации «Диамант-Р» (сертификат соответствия Госстандарта РФ № РОСС RU.ME01.B05934). Запись и последующая автоматическая оценка значений регистрируемых показателей осуществлялись с помощью стандартных реографических электродов на симметричных участках правой (Fmd) и левой (Fms) стороны головы. Также, согласно требованиям производителя оборудования, осуществлялась запись электрокардиограммы, что является необходимым условием для автоматизированной обработки полученных результатов.

Результаты исследования представлены в виде медианы (Me), первого (Q₁) и третьего (Q₃) квартилей. Критический уровень значимости (p) составил менее 0,05. Обработка полученных данных осуществлялась с помощью программного комплекса IBM SPSS 20.0. Распределение полученных переменных проверялось при помощи теста Шапиро–Уилка. При нормальном распределении переменных применялся однофакторный дисперсионный анализ; при распределении, отличном от нормального, — непараметрический критерий Вилкоксона для парных выборок с поправкой Бонферони.

Результаты. Полученные результаты исследования биоэлектрической активности головного мозга в группе лыжников в отведениях O1 и O2 демонстрировали максимальные значения амплитуды альфа-ритма в летний период, а минимальные — в зимний. В весенний период, несмотря на выраженную тенденцию к увеличению мощности альфа-ритма, в сравнении с зимним этапом исследования до-

В исследуемой группе лыжников максимальные значения реографического индекса (РИ) и амплитудно-частотного показателя (АЧП), свидетельствующие о наиболее эффективном кровоснабжении головного мозга, наблюдались в летний период, а минимальные — в зимний. При анализе значений дикротического индекса достоверных различий между сезонами года получено не было, но также наблюдалась тенденция к увеличению периферического сосудистого сопротивления в зимний период (табл. 2).

В результате проведенного психологического тестирования максимальные значения коэффициентов тревоги и депрессии наблюдались в ходе зимнего этапа подготовки, а минимальные — в ходе летнего (табл. 3). Полученные коэффициенты тревоги в течение всех четырех этапов исследования имели значения более 1,28 и свидетельствовали о благоприятном психическом состоянии. Полученные коэффициенты депрессии только в зимний период принимали минимальные значения и соответствовали диапазону неопределенных значений. Несмотря на то, что наблюдалась тенденция к сокращению коэффициентов депрессии в зимне-весенний период, в ходе летнего, весеннего и осеннего этапов исследования все значения соответствовали хорошему психическому состоянию.

Обсуждение. Полученные результаты биоэлектрической активности головного мозга позволяют сделать предположение о зависимости амплитуды альфа-ритма от степени влияния негативных факторов Европейского Севера и объемов тренировочной нагрузки [2, с. 45–54; 3, с. 666–670].

Таблица 2

Показатели церебральной гемодинамики лыжников в динамике сезонов года (Md, Q25; Q75)

Table 2

Indicators of cerebral hemodynamics of skiers in the dynamics of the seasons of the year (Md, Q25; Q75)

Показатель	Отв.	Осень (1)	Зима (2)	Весна (3)	Лето (4)	p1-2	p2-3	p3-4	p4-1	p1-3	p2-4
РИ, Ом	Fmd	0,67 (0,59; 0,78)	0,64 (0,57; 0,74)	0,71 (0,62; 0,79)	0,73 (0,68; 0,85)						*
РИ, Ом	Fmd	0,66 (0,57; 0,74)	0,64 (0,53; 0,76)	0,72 (0,59; 0,79)	0,73 (0,68; 0,79)						*
АЧП, 1/с	Fmd	0,92 (0,83; 0,97)	0,77 (0,63; 0,81)	0,87 (0,77; 0,92)	0,93 (0,87; 0,97)	*					*
АЧП, 1/с	Fms	0,89 (0,77; 0,94)	0,74 (0,67; 0,78)	0,86 (0,77; 0,93)	0,93 (0,86; 0,97)	*					*
ДКИ, %	Fmd	66,5 (60,7; 68,8)	72,8 (61,7; 80,2)	68,3 (63,5; 72,2)	66,3 (58,8; 69,8)						
ДКИ, %	Fms	64,7 (59,6; 68,7)	72,1 (67,2; 78,5)	68,1 (62,3; 75,1)	67,7 (58,9; 71,1)						

Примечание: различия достоверны в динамике этапов исследования: *p<0,05; ** p<0,01; ***p<0,001.

Note: the differences are significant in the dynamics of the study stages: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.

Таблица 3

Показатели тревоги и депрессии лыжников в течение сезонов года (Me, Q25; Q75)

Table 3

Indicators of anxiety and depression of skiers during the seasons of the year (Me, Q25; Q75)

Показатель	Осень (1)	Зима (2)	Весна (3)	Лето (4)	p1-2	p2-3	p3-4	p4-1
Тревога	1,57 (1,31; 1,69)	1,35 (1,11; 1,51)	1,37 (1,21; 1,45)	1,78 (1,67; 1,86)	*		*	
Депрессия	1,48 (1,21; 1,63)	1,1 (0,97; 1,32)	1,27 (1,12; 1,42)	1,55 (1,41; 1,67)	*		*	

Примечание: различия достоверны в динамике этапов исследования: *p<0,05; ** p<0,01; ***p<0,001.

Note: the differences are significant in the dynamics of the study stages: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.

Так, наблюдаемое уменьшение амплитуды альфа-ритма в ходе осеннего и зимнего этапа подготовки вероятнее всего являлось следствием роста объемов тренировочной нагрузки, а также могло быть следствием нарастания гипоксических явлений вследствие сезонного снижения парциального давления кислорода. Дальнейшее уменьшение значений амплитуды альфа-ритма в ходе зимнего этапа подготовки и достижение минимума в ходе всех этапов исследования может быть связано как с напряжением регуляторных механизмов вследствие воздействия неблагоприятных климатических факторов, так и быть следствием увеличения активности симпатической нервной системы, что находило свое подтверждение в результатах проводимого комплексного исследования. В летний период, вероятно, вследствие уменьшения тренировочных нагрузок и уменьшения влияния негативных климатических факторов, наблюдались максимальные значения амплитуды альфа-ритма.

Показатели церебральной гемодинамики также продемонстрировали ухудшение показателей в осенне-зимний период, что может быть следствием напряжения компенсаторно-приспособительных реакций сердечно-сосудистой системы, которое в группе лыжников дополнительно может быть обусловлено сменой характера тренировочной деятельности в зимний период (лыжи) в сравнении с осенним (беговая нагрузка). Оптимизация показателей церебральной гемодинамики в летний период, по аналогии с показателями амплитуды альфа-ритма, также может быть связана с сокращением объемов тренировочной нагрузки и уменьшением влияния негативных климатических факторов.

Анализ результатов психологического исследования лыжников выявил нарастание тревожно-депрессивных состояний в осенне-зимний период, что, вероятнее всего, было следствием ухудшения церебральной гемодинамики и последующего снижения амплитуды

альфа-ритма. Нельзя исключать влияния специфических для Европейского Севера сезонных фотопериодических изменений, которые также могут являться факторами, способствующими развитию депрессивных состояний. Наблюдавшееся в летне-весенний период уменьшение уровня тревоги и депрессии вероятнее всего связано как с оптимизацией церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности, так и со снижением факторов агрессии окружающей среды.

Таким образом, результаты исследования показателей церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга позволяют сделать предположение о зависимости межсезонных изменений окружающей среды, включающих в себя сезонное снижение парциального давления кислорода и неблагоприятные климатические условия, а также объемов тренировочной нагрузки. Сочетание данных факторов, вероятно, может приводить к компенсаторному напряжению регуляторных механизмов, что в свою очередь оказывает влияние на уровень тревоги и депрессии спортсмена.

Заключение. Лыжный спорт подразумевает выполнение большого объема физической на-

грузки в условиях постоянного влияния неблагоприятных климатических факторов, что, в свою очередь, требует существенной мобилизации регуляторных механизмов организма спортсмена. Длительное функционирование в подобных условиях, несомненно, находит отражение в особенностях функционирования компенсаторных механизмов. Так, на фоне влияния негативных климатических факторов Европейского Севера совместно с существенными тренировочными нагрузками у спортсменов призывного возраста в зимний период наблюдается ухудшение показателей церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга, что несомненно находит отражение в психологическом состоянии спортсмена, в частности в нарастании уровня тревоги и депрессии. Данная особенность должна быть учтена при проведении профессионального психологического воинского отбора лиц призывного возраста. Так, в ходе весеннего и осеннего призыва, особенно при проведении психологического тестирования, необходимо принимать во внимание риск наличия состояния, сопровождающегося наличием повышенного уровня тревоги и депрессии.

Сведения об авторах:

Мосягин Игорь Геннадьевич — доктор медицинских наук, профессор, действительный член РАВН, член-корреспондент РАЕ, МАНЭБ, ведущий научный сотрудник ЦНИЛ федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный медицинский университет»; 190195, Санкт-Петербург, Адмиралтейский пр-д, д. 1, e-mail: mosyagin-igor@mail.ru; ORCID 0000-0003-2414-1644;

Бойко Игорь Михайлович — кандидат медицинских наук, доцент кафедры мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный медицинский университет», доцент кафедры мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный медицинский университет»; 163069, г. Архангельск, Троицкий пр-т, д. 51; e-mail: info@nsmu.ru; ORCID 0000-0001-5918-7074;

Масько Евгений Валерьевич — врач-хирург, сердечно-сосудистый хирург, общество с ограниченной ответственностью «Бель Фам» 164500, г. Северодвинск, ул. Карла Маркса, д. 21; e-mail: belfam2022@yandex.ru; ORCID 0000-0003-4855-7863.

Information about authors:

Igor G. Mosyagin — Dr. of Sci. (Med.), Professor, full member of the RAE, corresponding member of the RAE, MANEB, Leading researcher of the central research laboratory of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University», Admiralteysky ave., 1, e-mail: ORCID: 0000-0003-2414-1644;

Igor M. Boyko — Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Mobilization Training of Public Health and Disaster Medicine of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University», 163069, Arkhangelsk, Troitskiy Ave., 51 e-mail: info@nsmu.ru; ORCID 0000-0001-5918-7074;

Evgeny V. Masko — surgeon, cardiovascular surgeon. Bel Pham LLC 164500, Severodvinsk, Karl Marx str., 21, e-mail: belfam2022@yandex.ru; ORCID 0000-0003-4855-7863.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — *И. Г. Мосягин, И. М. Бойко, Е. В. Масько*; сбор и математический анализ данных — *Е. В. Масько*; подготовка рукописи — *Е. В. Масько, И. Г. Мосягин*.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Special contribution: *IGM, IMB, EVM* contribution to the concept and plan of the study. *EVM* contribution to data collection. *EVM, IGM* contribution to the preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Соответствие принципам этики: информированное согласие получено от каждого обследуемого. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, протокол № 07/10-12 от 18.10.2012.

Adherence to ethical standards: informed consent is obtained from each patient. The study was approved by the local Ethics Committee of the Federal State Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, protocol №. 07/10-12 of 18.10.2012.

Поступила/Received: 02.12.2022

Принята к печати/Accepted: 10.12.2022

Опубликована/Published: 30.12.2022

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Корюкалов Ю.И. Синхронизация альфа- и бета-ритмов ЭЭГ при локальной мышечной деятельности // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 8 (1). С. 74–78. [Koryukalov Yu.I. Synchronization of alpha and beta rhythms of EEG in local muscle activity. *Fundamental research*, 2014, No. 8 (1), pp. 74–78 (In Russ.)].
2. Черный С.В., Мишин Н.П., Нагаева Е.И. Особенности электроэнцефалограммы спортсменов ациклических видов спорта // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского*. 2016. № 68 (2). С. 45–54 [Cherny S.V., Mishin N.P., Nagaeva E.I. Features of the electroencephalogram of athletes of acyclic sports. *Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University*, 2016, No. 68 (2), pp. 45–54 (In Russ.)].
3. Bertollo M., Doppelmayr M., Robazza C. Using brain technology in practice // *Handbook of Sport Psychology*. 2020. P. 666–693.
4. Schwarz A., Ofner P., Pereira J., Sburlea A.I., Muller-Putz G. Decoding natural reach-and-grasp actions from human EEG // *Journal of Neural Engineering*. 2018. No. 15 (1). P. 44–47.