

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ТЕТА- И ДЕЛЬТА-ДИАПАЗОНАХ У ЮНЫХ ДАЙВЕРОВ

Аикин В.А.¹, Елохова Ю.А.¹, Поддубный С.К.¹, Голубкова С.И.²

¹ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта Министерства спорта Российской Федерации», Омск, Россия (644009, г. Омск, ул. Масленникова, 144), e-mail: rector@sibguflk.ru

²Бюджетное учреждение здравоохранения Омской области «Клинический диагностический центр» (644024, г. Омск, ул. Ильинская, 9), e-mail: office@okd-center.ru

В работе изучалось влияние занятий дайвингом на биоэлектрическую активность головного мозга детей 12-ти лет в начале курса обучения дайвингу. Исследованы изменения мощности (mkV^2) дельта- и тета-ритмов до и после погружения под воду с аквалангом. Исследования ЭЭГ детей 12-ти лет показали, что биоэлектрическая активность головного мозга продолжает формироваться и на ЭЭГ в 25% случаев в покое регистрируются дельта- и тета-ритмы. В результате анализа ЭЭГ у детей после погружения под воду с аквалангом выявлено снижение мощности дельта-ритма во всех областях коры головного мозга, при этом мощность тета-ритма достоверно не изменялась, за исключением затылочных долей обоих полушарий (O1-A1 $0,75 \pm 0,14$; O2-A2 $0,92 \pm 0,21$; $P < 0,05$). Полученные данные свидетельствуют о том, что обучение детей дайвингу не сопровождается увеличением медленноволновой активности головного мозга.

Ключевые слова: дайвинг, дети, биоэлектрическая активность головного мозга, дельта- и тета-ритмы.

CHANGE OF BIOELECTRIC ACTIVITY OF THE BRAIN IN THE THETA- AND DELTA-RANGES AT YOUNG DIVERS

Aikin V.A.¹, Elokhova Yu.A.¹, Poddubny S.K.¹, Golubkova S.I.²

¹Siberian State University of Physical Culture and Sports Ministry of Sports of the Russian Federation, Omsk, Russia (644009, Omsk, ul. Maslennikov, 144), e-mail: rector@sibguflk.ru

²Byudzhetnoe health agency of the Omsk region, "Clinical Diagnostic Center" (644024, Omsk, ul. Elijah, 9), e-mail: office@okd-center.ru

Investigated the effects of diving on the bioelectrical activity of the brain of children 12 years of age at the beginning of course diving. The changes in power (mkV^2) delta- and theta-rhythms before and after immersion under water diving. EEG studies of children 12 years have shown that the electrical activity of the brain continues to take shape, and the EEG in 25% of cases recorded in the rest of delta- and theta-rhythms. An analysis of the EEG in children after diving under water with scuba showed a reduction in the power of delta-rhythm in all areas of the cerebral cortex, and the power of the theta-rhythm was not significantly changed, except for the occipital lobes of both hemispheres (O1-A1 $0,75 \pm 0,14$; A2-D2 $0,92 \pm 0,21$; $P < 0,05$). The data indicate that the dive training children not accompanied by an increase in slow wave activity in the brain.

Key words: diving, children, bioelectric brain activity, delta- and theta-rhythms.

Введение

Исследования функционального состояния головного мозга дайверов в различных условиях водной среды проводились многими исследователями [9; 10]. Так, было выявлено, что на глубине 200 футов (7 атмосфер) у водолазов при использовании воздушной смеси происходило заметное снижение амплитуды вызванных потенциалов головного мозга. Данные изменения связаны с токсическим действием азота [9]. В исследованиях Н.В. Newton (2008), обнаружены изменения биоэлектрической активности головного мозга (появление медленноволновой активности) у людей, получивших осложнения при занятиях рекреационным дайвингом [10]. По данным С.С. Ушакова (2005), у водолазов после

декомпрессионных погружений происходили негативные изменения в нервной системе. На электроэнцефалограмме (ЭЭГ) регистрировалось увеличение амплитуды альфа-ритма в лобных долях обоих полушарий, снижение данного ритма в затылочных долях, а также регистрировалась медленноволновая активность [5].

Известно, что при занятиях дайвингом на центральную нервную систему человека влияет комплекс факторов, основными из которых являются: изменение гравитации, психоэмоциональный стресс, физические нагрузки, повышенное давление дыхательных газов и гипотермия. Комплекс этих факторов требует от организма напряжения защитно-приспособительных механизмов. В исследованиях Н.В. Newton (2008) отмечается, что около 1000 дайверов ежегодно получают осложнения, которые часто связаны с дисфункцией нервной системы [10].

Несмотря на наличие существующих работ по изучению биоэлектрической активности головного мозга у водолазов, исследования, направленные на выявления особенностей распределения мощности дельта- и тета-ритмов у детей при занятиях дайвингом, не проводились. По нашему мнению, изучение данного вопроса является актуальным.

Цель исследования

Выявить динамику биоэлектрической активности головного мозга в медленноволновой части ЭЭГ у детей 12-ти лет при однократном подводном погружении.

Материал и методы исследования

В исследовании приняли участие 22 здоровых мальчика в возрасте 12-ти лет (средние значения роста $152,9 \pm 1,5$ см; массы тела $43,1 \pm 1,4$ кг; индекса массы тела $17,9 \pm 0,5$).

Исследования проводились в крытом плавательном бассейне «Альбатрос» Сибирского государственного университета физической культуры и спорта города Омска. Погружения осуществлялись только в сопровождении инструктора.

Регистрация и анализ ЭЭГ проводились в начале курса обучения дайвингу в стандартных условиях при температуре $22-24$ °С, в тихой комнате в спокойной обстановке. Все испытуемые до и после погружения прошли электроэнцефалографическое обследование на компьютерном 16-канальном электроэнцефалографе «Мицар». Детям объяснялось, что запись ЭЭГ абсолютно безвредна и безболезненна. Во время исследования ребенок находился в удобном кресле в расслабленном состоянии. Регистрация ЭЭГ осуществлялась хлорсеребряными чашечковыми электродами, расположенными на поверхности головы в соответствии с требованиями международной системы 10–20 при закрытых (ГЗ) и открытых глазах (ГО). Одним из важных компонентов биоэлектрической активности головного мозга является альфа-ритм, который хорошо выражен только при отсутствии зрительных раздражителей. В качестве основной характеристики состояния мозга использовалась

реакция активации, определяемая по депрессии альфа-ритма у испытуемого при открытии глаз [2]. Проводился визуальный анализ ЭЭГ, изучалась абсолютная мощность ЭЭГ (мкВ^2) в тета- (4-8 Гц) и дельта-диапазонах (1-3,8 Гц) биоэлектрической активности головного мозга. Для анализа использовались безартефактные эпохи ЭЭГ длительностью 6 с.

Полученный материал был обработан методами математической статистики. Сравнение групп по показателям проводилось методами непараметрической статистики с использованием критерия Вилкоксона. Результат считался достоверным при $P < 0,05$. Значения параметров в работе представлены как $M \pm m$.

Результаты исследования и их обсуждение

Визуальный анализ ЭЭГ детей до погружения под воду в состоянии спокойного бодрствования при закрытых глазах показал хорошо выраженное доминирование альфа-ритма с амплитудой 70 мкВ в затылочных областях коры головного мозга. Отмечалась дезорганизация альфа-ритма единичными дельта-ритмами амплитудой 60 мкВ и полифазными потенциалами тета-ритма с амплитудой 40 мкВ , с локализацией преимущественно в центральных долях головного мозга, что является возрастными особенностями детей данного возраста. При открытых глазах до занятия дайвингом был зарегистрирован низкоамплитудный бета-ритм (рис. 1).

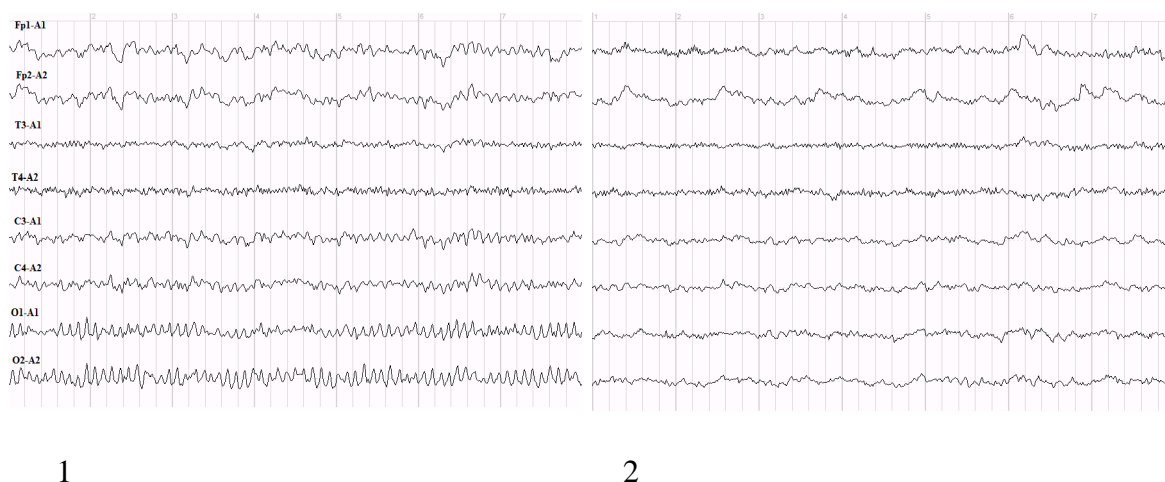


Рис. 1. Электроэнцефалограмма ребенка М. до погружения под воду с аквалангом (1 – ГЗ, 2 – ГО)

Результаты визуального анализа электроэнцефалограмм показали, что у части детей отмечалась на ЭЭГ медленноволновая активность, которая выражалась наличием тета- и дельта-ритмов. Полученные данные являются возрастной нормой. Известно, что с 12-ти лет у детей начинается пубертатный период. В это время наблюдается некоторое усиление медленноволновой тета-активности (возможно увеличение количества тета-волн). Такие волны локализуются в лобных долях головного мозга, при этом общая картина электроэнцефалограммы становится неправильной, «десинхронной». Некоторые

исследователи связывают эти особенности с общими изменениями процессов высшей нервной деятельности и гормонального фона, напряжением активности нервной системы, а также с процессом полового созревания [8].

Анализ ЭЭГ детей до дайвинга при закрытых глазах выявил, что наибольшая мощность тета-ритма зарегистрирована в затылочных долях обоих полушарий (O1-A1 $1,07 \pm 0,28$; O2-A2 $1,41 \pm 0,31$). При открытых глазах данный диапазон доминировал в лобной и теменной долях правого полушария (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение мощности тета-ритма (мкВ^2) у детей 12-ти лет до и после занятия дайвингом ($M \pm m$)

Отведен ия ЭЭГ	Тета-ритм					
	до дайвинга, ГЗ	после дайвинга, ГЗ	P	до дайвинга, ГО	после дайвинга, ГО	P
Fp1-A1	$0,81 \pm 0,12$	$0,56 \pm 0,09$	$>0,05$	$0,59 \pm 0,08$	$0,42 \pm 0,06$	$>0,05$
Fp2-A2	$0,91 \pm 0,32$	$0,78 \pm 0,22$	$>0,05$	$0,68 \pm 0,25$	$0,54 \pm 0,15$	$>0,05$
T3-A1	$0,43 \pm 0,11$	$0,42 \pm 0,12$	$>0,05$	$0,38 \pm 0,09$	$0,26 \pm 0,05$	$>0,05$
T4-A2	$0,64 \pm 0,23$	$0,55 \pm 0,19$	$>0,05$	$0,35 \pm 0,06$	$0,30 \pm 0,06$	$>0,05$
C3-A1	$0,92 \pm 0,17$	$0,92 \pm 0,3$	$>0,05$	$0,62 \pm 0,08$	$0,44 \pm 0,06$	$>0,05$
C4-A2	$0,82 \pm 0,1$	$0,73 \pm 0,14$	$>0,05$	$0,73 \pm 0,14$	$0,44 \pm 0,06$	$>0,05$
O1-A1	$1,07 \pm 0,28$	$0,75 \pm 0,14$	$<0,05$	$0,53 \pm 0,07$	$0,44 \pm 0,07$	$>0,05$
O2-A2	$1,41 \pm 0,31$	$0,92 \pm 0,21$	$<0,05$	$0,55 \pm 0,07$	$0,43 \pm 0,07$	$>0,05$

При изучении распределения спектральной мощности ЭЭГ в дельта-диапазоне в покое при закрытых глазах было установлено, что до погружения наибольшая мощность ритма отмечалась в лобных долях обоих полушарий (Fp1-A1 $3,11 \pm 0,62$; Fp2-A2 $3,01 \pm 0,48$). Анализ данных электроэнцефалограммы при открытых глазах до занятия дайвингом показал доминирование дельта-активности в лобных долях (Fp1-A1 $2,14 \pm 0,47$; Fp2-A2 $2,87 \pm 0,06$) обоих полушарий головного мозга (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение мощности дельта-ритма (мкВ^2) у детей 12-ти лет до и после занятия дайвингом ($M \pm m$)

Отведения ЭЭГ	Дельта-ритм					
	до дайвинга, ГЗ	после дайвинга, ГЗ	P	до дайвинга, ГО	после дайвинга, ГО	P
Fp1-A1	$3,11 \pm 0,62$	$1,56 \pm 0,34$	$<0,05$	$2,14 \pm 0,47$	$1,19 \pm 0,19$	$<0,05$
Fp2-A2	$3,01 \pm 0,48$	$1,91 \pm 0,24$	$<0,05$	$2,87 \pm 0,6$	$1,11 \pm 0,13$	$<0,05$
T3-A1	$2,22 \pm 0,68$	$0,98 \pm 0,17$	$<0,05$	$1,34 \pm 0,29$	$0,81 \pm 0,15$	$<0,05$
T4-A2	$1,48 \pm 0,25$	$0,83 \pm 0,12$	$<0,05$	$1,26 \pm 0,2$	$0,73 \pm 0,12$	$<0,05$
C3-A1	$2,32 \pm 0,52$	$1,55 \pm 0,29$	$<0,05$	$1,59 \pm 0,03$	$1,03 \pm 0,13$	$<0,05$
C4-A2	$1,98 \pm 0,22$	$1,44 \pm 0,17$	$<0,05$	$1,73 \pm 0,23$	$1,11 \pm 0,1$	$<0,05$

O1-A1	2,51±0,50	1,37±0,25	<0,05	1,58±0,32	1,3±0,22	<0,05
O2-A2	2,54±0,55	2,00±0,44	<0,05	1,63±0,36	1,25±0,27	<0,05

Известно, что у детей 12-ти лет показатели дельта-ритма являются самыми высокими по сравнению с другими основными ритмами биоэлектрической активности, что соответствует снижению функциональной активности головного мозга. Исследования ЭЭГ детей этого возраста показали, что биоэлектрическая активность головного мозга продолжает формироваться и на ЭЭГ в 25% случаев в норме регистрируются дельта- и тета-ритмы [1; 2]. В то же время значительное увеличение медленноволновой активности может свидетельствовать о патологических изменениях [2].

Результаты визуального анализа ЭЭГ после подводного погружения свидетельствуют, что возрастание мощности тета- и дельта-ритмов зарегистрировано не было. Полученные рядом авторов данные о том, что доминирование спектральной мощности в низкочастотных диапазонах и дефицит мощности на более высоких частотах могут быть связаны с нарушением внимания, снижением памяти и задержкой психического развития у детей [6].

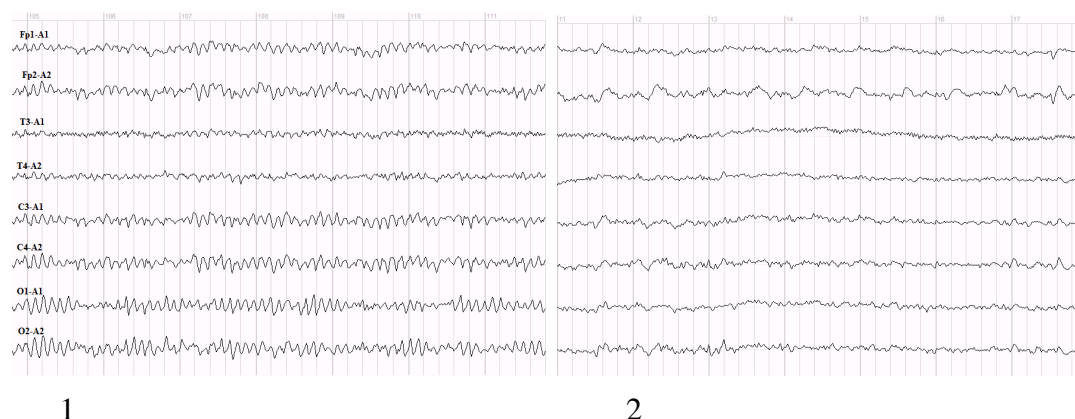


Рис. 2. Электроэнцефалограмма ребенка М. после погружения под воду с аквалангом (1 – ГЗ, 2 – ГО)

После занятия дайвингом отмечалось распространение альфа-ритма до теменных долей с локализацией его максимума в теменно-затылочных долях головного мозга. Исследования динамики показателей биоэлектрической активности головного мозга у детей свидетельствуют о том, что в процессе онтогенеза начинает доминировать альфа-ритма [8]. R.J. Davidson (1999) отмечает, что снижение мощности альфа-ритма может происходить в состоянии эмоционального стресса по сравнению с фоновыми записями [7].

Таким образом, анализ электроэнцефалограмм детей после занятия дайвингом показал снижение мощности дельта-ритма и возрастание альфа-ритма, мощность тета-ритма не изменилась за исключением затылочных долей обоих полушарий головного мозга. При открытых глазах выявлена достаточно выраженная реакция активации, снижение амплитуды

альфа-ритма. На электроэнцефалограмме после погружения при открытых глазах зарегистрировано неотчетливое уплощение биоэлектрической активности (рис. 2).

Анализ электроэнцефалограммы детей при закрытых глазах после занятия дайвингом показал, что произошло не достоверное снижение тета-ритма в лобных долях, теменной доли левого полушария. В то же время в затылочных долях обеих полушарий снижение мощности данного ритма было достоверным (O1-A1 $0,75 \pm 0,14$; O2-A2 $0,92 \pm 0,21$; $P < 0,05$). После погружения под воду при открытых глазах было зарегистрировано недостоверное снижение мощности тета-ритма во всех долях головного мозга (табл. 1). После дайвинга было зарегистрировано достоверное снижение мощности дельта-ритма ($P < 0,05$) как при закрытых, так и при открытых глазах (табл. 2).

Наглядным примером снижения медленноволновой активности головного мозга после дайвинга являются распределение мощности на топографических картах. Выявлено, что до и после погружения под воду с аквалангом при закрытых глазах тета-ритм локализовался в затылочных долях, а при открытых – в теменных долях обеих полушарий головного мозга (рис. 3).

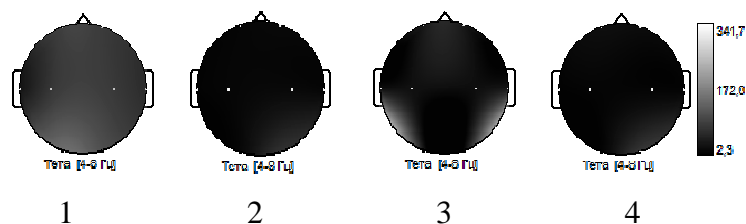


Рис. 3. Топографическое расположение значений спектральной мощности ЭЭГ в тета-диапазоне у ребенка М.: 1 – до дайвинга, ГЗ; 2 – после дайвинга ГЗ; 3 – до дайвинга ГО; 4 – после дайвинга ГО (мкВ^2). На шкале: вверху – максимальное значение показателя, внизу – минимальное значение

На рисунке 4 в качестве примера приведены топографические карты спектральной мощности в дельта-диапазоне ЭЭГ. Из представленных данных видно, что до занятия дайвингом дельта-ритм как при закрытых, так и открытых глазах локализовался в затылочных и лобных долях обеих полушарий головного мозга. После погружения под воду с аквалангом как при закрытых, так и открытых глазах данный ритм локализовался преимущественно в затылочной доли правого полушария.

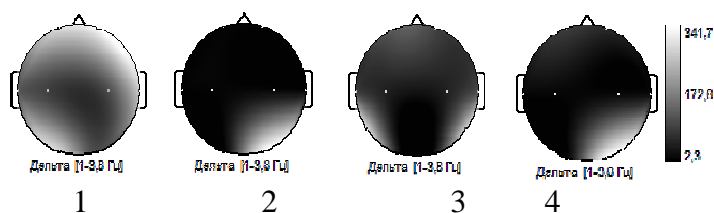


Рис. 4. Топографическое расположение значений спектральной мощности ЭЭГ в дельта-диапазоне у ребенка М.: 1 – до дайвинга, ГЗ; 2 – после дайвинга ГЗ; 3 – до дайвинга ГО; 4 –

после дайвинга ГО (мкВ^2). На шкале: вверху – максимальное значение показателя, внизу – минимальное значение

Известно, что на центральную нервную систему детей влияют экологические [4] и социальные факторы [3]. При дайвинге на организм ребенка неблагоприятно влияют повторные погружения под воду в течение суток, не соблюдение режима труда и отдыха в период погружений, а также осуществление погружений сразу после полета на самолете [5]. Основываясь на данных J.A.S. Kinney (1977) о том, что толерантность человека к давлению водной и газовой сред проявляется отсутствием нарушений физиологических функций [9], и на результатах исследования, можно заключить, что обучение детей дайвингу не сопровождается увеличением медленноволновой активности головного мозга.

Выводы

1. Исследования показали, что у детей 12-ти лет на ЭЭГ продолжает регистрироваться медленноволновая активность (тета- и дельта-ритмы) в лобных, теменных и затылочных долях обоих полушарий головного мозга. Данная особенность биоэлектрической активности головного мозга в этом возрасте у детей является возрастной нормой.
2. Установлено, что у детей после занятия дайвингом происходило снижение спектральной мощности дельта-ритма во всех областях коры головного мозга. В то же время достоверных изменений биоэлектрической активности в тета-диапазоне не зарегистрировано. Таким образом, погружения под воду с аквалангом при обучении детей дайвингу не вызывают патологических изменений на ЭЭГ.
3. Полученные данные показали, что исследование биоэлектрической активности головного мозга с помощью ЭЭГ можно рекомендовать для контроля функционального состояния центральной нервной системы человека при занятиях дайвингом.

Список литературы

1. Алиева Т.А., Павленко В.Б. Возрастные изменения электроэнцефалограммы и вызванных потенциалов у детей // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 3-14.
2. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей. – 5-е изд. – М. : МЕДпрессинформ, 2012. – 356 с.
3. Ляпин В.А. Медико-социальные и гигиенические аспекты формирования здоровья населения в крупном промышленном центре Западной Сибири : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Омск, 2006. – 45 с.

4. Ляпин В.А. Физическое здоровье детей крупного промышленного центра нефтехимической промышленности // Сибирь - Восток : всеросс. мед. науч.-произв. журн. – 2003. – № 9 (69). – С. 18-20.
5. Ушаков С.С. Состояние нервной системы при воздействии повышенного давления водной и газовой сред : дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2005. – 166 с.
6. Фарбер Д.А., Алферова В.В. Электроэнцефалограмма детей и подростков. – М. : Педагогика, 1972. – 216 с.
7. Davidson R.J., Abercrombie H., Nitschke J.B., Putnam K. Regional brain function, emotion and disorders of emotion // Curr. Opin. Neurobiol. – 1999. – V. 9. – P. 228-234.
8. Eeg-Olofson O. The development of the electroencephalogram in normal children and adolescents from the age of 1 through 21 years // Acta paediat. Scand. – Suppl. – 1970. – V. 208. – P. 1-47.
9. Kinney J.A.S. Kay C.L., Luria S.M. Visual evoked responses and EEG's of 16 divers // Undersen Biomedical Research. – 1977. – V. 4, № 1. – P. 55-66.
10. Newton H.B., Burkart J., Pearl D., Padilla W. Decompression Illness and Hematocrit: Analysis of a consecutive series of 200 recreational scuba divers // Neurological. – 2008. – V. 35, № 2. – P. 99-106.

Рецензенты:

Калинина И.Н., д.б.н., профессор кафедры «Медико-биологические основы физической культуры и спорта», Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта» Министерства спорта Российской Федерации, г. Омск.

Ляпин В.А., д.м.н., профессор кафедры «Анатомия, физиология, спортивная медицина и гигиена», Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта» Министерства спорта Российской Федерации, г. Омск.