

УДК 618.831-005.4-092.9-03:612.76

https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/33

ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИ РАЗОВОГО ВАХТОВОГО ТРУДА В ВЫСОКОГОРЬЕ НА ПОВЕДЕНИЕ И СТРУКТУРНУЮ ОРГАНИЗАЦИЮ МОЗЖЕЧКА

©Шувалова М. С., ORCID: 0000-0002-2295-090X, SPIN-код: 7215-5858, Кыргызско-Российский славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан

©Шидаков Ю. Х.-М., ORCID: 0000-0002-2779-5574, SPIN-код: 9677-9338, канд. мед. наук, Кыргызско-Российский славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан

©Жанузаков Д. З., ORCID: 0000-0002-6948-8265, SPIN-код: 4313-6990, Кыргызско-Российский славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан

EFFECT OF THE MODEL OF ONE-TIME SHIFT WORK IN THE HIGHLANDS ON THE BEHAVIOR AND STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE CEREBELLUM

©Shuvalova M., ORCID: 0000-0002-2295-090X, SPIN-code: 7215-58, Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyzstan

©Shidakov Yu., ORCID: 0000-0002-2779-5574, SPIN-code: 9677-9338, M.D., Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyzstan

©Zhanuzakov D., ORCID: 0000-0002-6948-8265, SPIN-code: 4313-6990, Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyzstan

Аннотация. В Кыргызстане 94% всей территории страны занимают горы. Здесь расположены значительные ресурсы, освоение которых часто сопряжено с временным подъемом на значительные высоты и спуском в низкогорье специалистов различных областей труда. При этом информация о состоянии мозговых структур и поведении животных и человека в этих условиях малочисленна. Цель: изучить влияние модели одноразового 8-часового вахтового труда в высокогорье на гистофизиологию мозжечка и индивидуальное поведение крыс. Работа выполнена по материалам исследований 28 самцов белых беспородных крыс массой 250–310 г. Низкогорная серия эксперимента проведена на высоте 760 м над ур. м. (г. Бишкек). Высокогорная серия моделировалась на перевале Туя-Ашу — 3200 м над ур. моря (Кыргызстан). Поведенческая активность оценивалась по методике «Открытое поле», мышечная сила по методике С. В. Сперанского на 3-и сутки эксперимента. Микроциркуляция мозжечка исследовалась микроскопическим методом под световым микроскопом Olympus B×40 (Япония). Статистическая обработка полученных данных проводилась в программе SPSS 16.0. В высокогорье увеличиваются показатели норочного рефлекса в 1,43 раза, а уровень дефекации возрастает в 8,5 раз, что является маркером усиления вегетативной активности организма. Ремоделирование ангиоархитектоники мозжечка в высокогорье характеризуется гиперкапилляризацией, признаками застоя крови, периваскулярным отеком, укрупнением ядрышек, умеренной гиперхромией нейронов молекулярного и зернистого слоев. Таким образом, в высокогорье изменения поведенческой активности более выражены, чем ремоделирование капилляров, нейронов и глиальных элементов, которые носят адаптивный характер.

Abstract. In Kyrgyzstan, 94% of the entire territory of the country is occupied by mountains. There are significant resources located here, the development of which is often associated with the temporary ascent to significant heights and descent to the low mountains of specialists in various fields of work. At the same time, information about the state of brain structures and

the behavior of animals and humans in these conditions is scarce. Objective: to study the influence of the model of a one-time 8-hour shift work in the highlands on the histophysiology of the cerebellum and individual behavior of rats. The work was performed on 28 white mongrel male rats weighing 250–310 g. The low-mountain series of the experiment was carried out at an altitude of 760 m above sea level (Bishkek). The high-altitude series was modeled on the Tuya-Ashu pass-3200 m above sea level (Kyrgyzstan). Behavioral activity was evaluated using the Open field method, muscle strength according to the S. V. Speransky method on the 3rd day of the experiment. The microcirculation of the cerebellum was studied microscopically under the Olympus B×40 light microscope (Japan). Statistical processing of the obtained data was carried out in the SPSS 16.0 program. In the highlands, the indicators of the mink reflex increase by 1.43 times, and the level of defecation increases by 8.5 times, which is a marker of increased vegetative activity of the body. Remodeling of cerebellar angioarchitectonics in the highlands is characterized by hypercapillarization, signs of blood stagnation, perivascular edema, enlargement of nucleoli, moderate hyperchromia of neurons of the molecular and granular layers. Thus, in the highlands, changes in behavioral activity are more pronounced than the remodeling of capillaries, neurons and glial elements, which are adaptive in nature.

Ключевые слова: поведение, микроциркуляция, мозжечок, высокогорье.

Keywords: behavior, microcirculation, cerebellum, highlands.

Введение

В Кыргызстане ежедневно поднимаются на большие горные высоты и спускаются обратно в долину альпинисты, спортсмены, охотники, водители с пассажирами, работники дорожно-эксплуатационной, энергетической, горнорудной отраслей, сотрудники министерства чрезвычайных ситуаций, лесного хозяйства, геологии. В связи с отсутствием водных и железнодорожных путей сообщения, дороговизной воздушного транспорта, сотни людей по дороге Бишкек-Ош, рискуя здоровьем и жизнью, пересекают горные перевалы на автотранспорте. При этом тысячи граждан попадают в ДТП; имеются случаи производственного и бытового травматизма в условиях высокогорья.

Причиной тому являются не только плохое качество горных дорог, пренебрежение правилами дорожного движения водителями, охраны и безопасности труда на производствах, расположенных в высокогорье, но и изменение социального и индивидуального поведения, а также гистофизиологии статоакустической системы под действием гипоксической гипоксии [1]. В любом случае пострадавших приходится транспортировать в долину для оказания медицинской помощи.

Несмотря на важность проблемы, в трудах ученых практически отсутствует материал о состоянии специфических мотивационных и коммуникационных компонентов поведения человека и животных в период и после кратковременного пребывания на больших горных высотах. Нет сведений и о гистофизиологии мозжечка — основного органа, связанного с рецепторами координации движения и адаптации организма к преодолению фундаментальных свойств массы тела — тяжести и инерции.

Одновременно отечественными исследователями [2-5] установлено, что кратковременное пребывание человека и животных в условиях высокогорья характеризуется учащением частоты дыхания и сердцебиения, повышением минутного объема крови, концентрации гемоглобина в эритроцитах, выбросом крови из депо, перераспределением

кровообращения, изменением мозгового и коронарного кровотоков, интенсивности обмена веществ. Однако каким образом эти пертурбации в организме отражаются на поведении человека и животных не описано.

Учитывая актуальность и приоритетность проблемы, целью исследования стало установление влияния модели одноразового 8-часового вахтового труда в высокогорье на гистофизиологию мозжечка и индивидуальное поведение крыс.

Материалы и методы

Объектом исследования стали 28 беспородных белых крыс-самцов массой 250-310 г. Предварительно животных разделили на 2 группы: 1-ю группу составили животные, постоянно обитающие в условиях низкогорья (г. Бишкек - 760 м над у. м., атмосферное давление ($P_{атм}$) 755 мм. рт. ст., парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе (PiO_2) 150 мм. рт. ст., парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе (PaO_2) 100 мм. рт. ст., отношение PaO_2/PiO_2 0,6666, насыщение гемоглобина кислородом 95%), во 2-ю группу вошли животные, которых летом на комфортабельном микроавтобусе транспортировали из г. Бишкек на перевал Туя-Ашу (3200 м над ур. моря, атмосферное давление 528 мм. рт. ст., PiO_2 109 мм рт. ст., PaO_2 67 мм рт.ст., PaO_2/PiO_2 0,615 мм рт. ст., SaO_2 86%), где они находились в течение 8-ми часов, имея свободный доступ к корму и воде. Затем 2-ю группу животных спустили в г. Бишкек. На 1-е и 3-и сутки эксперимента оценивалась поведенческая активность животных в тесте «Открытое поле». На 3-и сутки опытов крысы были выведены из эксперимента путем передозировки хлороформа. Все вмешательства осуществлялись согласно «Правилам лабораторной практики в Российской Федерации» (Приказ МЗ РФ от 19 июня 2003г №267) и Европейской конвенции о защите животных (директива 86/609 ЕЕС). Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом при НПО «Профилактическая медицина» МЗ КР.

Суправитально кровеносное русло животных инъецировалось раствором черной туши на 10% нейтральном формалине (1:4) через брюшную аорту. Затем проводилась декапитация с последующим оголением костей черепа путем удаления кожно-мышечного покрова. Череп с головным мозгом помещали в 10% нейтральный формалин на 24 часа. Для изготовления просветленных и гистологических препаратов мозжечок вместе с головным мозгом доставали из черепной коробки. Отделив мозжечок от головного мозга, промывали в проточной воде, обезжизивали в спиртах и заливали в парафин. Из парафиновых блоков готовили фронтальные срезы мозжечка толщиной 5-7 мкм и окрашивали гематоксилин-эозином, пиррофуксином по Ван Гизону. Готовые гистологические препараты изучали под световым микроскопом Olympus В×40 (Япония). Одновременно проводили серийное микрофотографирование с помощью цифрового фотоаппарата, подключенного к компьютеру. Статистическая обработка полученных данных проводилась в программе SPSS 16.0.

Результаты и обсуждение

Приведенные в Таблице данные манифестируют, что двигательный компонент ориентировочной реакции в результате пребывания крыс в условиях высокогорья изменяется незначительно. В то же время активизируется исследовательская реакция, что отражено увеличением числа заглядываний в норки в 1,43 раза. Иначе говоря, реакция на новизну в условиях открытого поля между двумя группами животных не существенная, хотя отмечается ее усиление у крыс, побывавших в условиях высокогорья. После обеспечения наилучшего восприятия новой обстановки при помощи установочной реакции, отражающей

работу целого организма, животные приступают к исследовательской деятельности, которая у крыс, спустившихся с гор более выражена. Индивидуальное поведение, ориентированное к собственному телу (гигиеническое самоподдержание или аутогруминг), остается не измененным.

Таблица

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КРЫС
ДО ПОДЪЕМА И ПОСЛЕ СПУСКА С ВЫСОКОГОРЬЯ

Показатели	До подъема на высокогорье	После спуска с высокогорья
Наружные квадраты	37,4±2,3	32,0±2,04
Внутренние квадраты	2,2±0,3	2,0±0,4
Стойки	4,8±0,5	4,1±0,5
Норки	2,8±0,3	4,2±0,7
Аутогруминг	3,6±0,4	3,6±0,5
Дефекация	0,4±0,2	3,7±0,4
Тест на работоспособность	10,8±0,7	7,1±0,4*

*P <0,05. Различия между показателями, полученными в высокогорных опытах по сравнению с низкогорными достоверны.

В отличие от соматической горизонтальной и вертикальной активности, которая мало изменяется, деятельность вегетативной нервной системы у животных, побывавших в высокогорье, активизируется. Об этом свидетельствует учащение дефекации в 8,5 раза, что указывает на высокий уровень тревожности животных, спустившихся с высокогорья.

Уменьшение, хотя и статистически не достоверное, посещения наружных и внутренних квадратов и количества стоек животными после спуска с высокогорья частично можно объяснить потерей времени на замирание, прежде чем крыса переместится по квадратам открытого поля. Замирание в природе имеет адаптивную, защитную роль. Животные замирают, чтобы снизить слуховые и зрительные возможности хищника и остаться незамеченными. Открытое поле воспринимается как не известное, возможно опасное окружение. Следовательно, замирание – это проявление страха, который у животных, спущенных с высокогорья, более выражен, чем у контрольных животных. Не исключено, что причиной этому является перенесенный стресс в процессе подъема, пребывания и спуска по горным дорогам с высокогорья в низкогорье.

Страх — категория, относящаяся к области эмоциональной сферы. Интенсификация этой эмоции вызывает учащение дефекации в 8,5 раз у животных, спущенных с высокогорья относительно группы контроля. Страх и осторожность ограничивают двигательную активность. Кроме того, животные оказываются в сложном положении между страхом и желанием обследовать новое окружение, что может вызвать дисбаланс в ЦНС. Несомненно, все это угнетает животное и ограничивает его активность.

Обращает на себя внимание достоверное снижение работоспособности (мышечной силы) у животных, спустившихся с высокогорья, более чем в 1,5 раз. Интерпретировать это однозначно трудно. Можно предположить, что снижение мышечной силы связано с кислородной недостаточностью, возникшей под действием высотной гипоксии. С другой стороны, это изменение можно связать с нарушением нервной трофики скелетной мускулатуры, под которой И. П. Павлов понимал нервные импульсы, ведущие к регуляции обмена между клеткой и средой.

Ремоделирование ангиоархитектоники мозжечка характеризуется, прежде всего, гиперкапилляризацией ганглиозного слоя. Так, у интактных крыс клетки Пуркинье

снабжаются в среднем не более чем двумя капиллярами, расположенными от последних на расстоянии 14-22 мкм. У животных, побывавших в высокогорье, в результате раскрытия резервных капилляров, каждая клетка Пуркинье соседствует минимум тремя сосудами, расположенными на расстоянии 10-17 мкм.

В зернистом слое усиление капилляризации менее выражено, где соотношение числа клеток к количеству капилляров составляет 10:5-8 (в норме — 10:3-4). Расстояние между капиллярами и телами клеток колеблется в пределах 25-80 мкм. Создается впечатление, что отдельные сосуды представляют собой ответвление капилляров ганглиозного слоя.

В молекулярном слое корзинчатые и звездчатые нейроны снабжаются капиллярами в меньшей мере, чем в ганглиозном и в большей, чем в зернистом слое. В среднем, отношение нейронов к капиллярам составляет 1-1,2, тогда как обычно оно не превышает 0,7-0,9. Как и в зернистом слое, здесь капилляры локализуются неупорядоченно по отношению к нейронам.

Несмотря на гиперкапилляризацию, признаков застоя крови, периваскулярного отека, других патологических данных в коре мозжечка не обнаруживается. Как правило, повышение капилляризации сопряжено нарастанием функциональной активности органа. В данном случае это выражается укрупнением ядрышек, умеренной гиперхромией нейронов молекулярного и зернистого слоев.

Наряду с этим наблюдается процесс эктопии нейронов молекулярного и зернистого слоев в сторону ганглиозного. В некоторых случаях отмечается смещение грушевидных клеток в сторону молекулярного слоя.

Обращает на себя внимание усиление функции нейроглии, клетки которой своими отростками более плотно, чем обычно оплетают аксоны нейроцитов и кровеносные капилляры, образуя кольцевидные фигуры. В результате этого свободных от нейроглии нейронов в поле зрения микроскопа становится меньше, чем у контрольных животных.

В регуляции двигательной активности со стороны мозжечка ведущая роль отводится клеткам Пуркинье, которые в свою очередь постоянно испытывают тормозящее действие звездчатых, корзинчатых клеток молекулярного слоя и клеток Гольджи – зернистого слоя, а также возбуждающее влияние по моховидным и лазающим волокнам. По-видимому, у животных, побывавших в высокогорье, возбуждающее и тормозящее влияние на клетки Пуркинье уравновешены, чем обуславливается незначительные изменения двигательной активности по сравнению с контрольными данными.

Ремоделирование ангиоархитектоники мозжечка выражается гиперкапилляризацией и укорочением диффузионного расстояния. В период адаптации к высокогорью микроциркуляция мозжечка отличается от других отделов головного мозга именно этим, так как кровоснабжение головного мозга в острую фазу пребывания в высокогорье снижено по сравнению с данными, полученными в низкогорье [6]. Более высокое кровоснабжение продолговатого мозга и мозжечка отмечено [7] при подъеме на высоту в барокамере без объяснения данного феномена. Можно лишь предположить, что этот факт сопряжен с возбуждением центров регуляции кровообращения и дыхания, которые располагаются в продолговатом мозге, и усилением функции дыхательных мышц и диафрагмы, кровоснабжение которых резко увеличивается [6].

Горная ангиология – составная часть экологической физиологии и морфологии, неразрывно связанная с проблемой приспособления организма к условиям внешней среды. «Жить — это значит адаптироваться [8]. Применительно к ангиологии, адаптация — единство реактивности и пластичности кровеносного русла в изменяющихся условиях внешней среды. Применительно к кровеносным сосудам мозжечка крыс, спущенных с

высокогорья, это имеет прямое значение. Прежде всего, микроциркуляторное русло мозжечка адекватно отреагировало на запросы целого организма, предъявляемые в первую очередь к системам кровообращения и дыхания. При этом реактивность обусловлена усилением кровотока через мозжечок. Пластичность проявилась ремоделированием капиллярного русла, не нарушая адаптивные пределы.

Молекулярный, ганглионарный, зернистый слои коры и белое вещество мозжечка богаты различными глиальными элементами, которые у крыс, побывавших в высокогорье, активизируются. Об этом свидетельствуют хорошо выраженные периваскулярные мембраны, образованные ножками волокнистых астроцитов в зернистом слое. В молекулярном слое отростки глиальных клеток оплетают дендриты грушевидных клеток более плотно, чем в норме. Надо полагать, что активация глиальных элементов, в том числе и микроглиальных, имеет защитное, приспособительное значение, направленное на сохранение адекватного метаболизма и механического поддержания нейронов мозжечка.

Выводы

1. Отдельные показатели действий животных сами по себе мало информативны для целостного представления о состоянии индивидуального поведения животного. Анализ результатов наших исследований демонстрирует разобщенность двигательной, ориентировочно-исследовательской активности с одной стороны и психоэмоциональной – с другой у крыс после 8-ми часового содержания в высокогорье.

2. Подъем, 8 часовая экспозиция в горах на высоте 3200 м над у. м. и последующий спуск в низкогорье не вызывает патологических изменений нейронов, глиальных элементов, капиллярного звена микроциркуляторного русла мозжечка. Все модуляции являются приспособительными, направленными на адекватное функционирование мозжечка в создавшихся условиях.

3. Изменение психоэмоционального состояния, локомоторной активности и работоспособности (мышечной силы), полученных в тесте «Открытое поле» более выражены, чем ремоделирование капилляров, нейронов и глиальных элементов, обнаруженное в светооптическом микроскопе.

Список литературы:

1. Мартынова О. В., Анциферов О. В., Мартынов М. А., Череватенко Р. Ф., Нестерова Н. И., Нестеров А. В. Исследование нейродинамических нарушений у крыс при черепно-мозговой травме // Научные результаты биохимических исследований. 2019. Т. 5. №3. С. 50-63.
2. Миррахимов М. М. Высокогорная кардиология. Фрунзе. 1984.
3. Нарбеков О. Н., Мейманалиев Т. С., Шидаков Ю. Х-М. Высокогорная легочная гипертония. Бишкек, 1996.
4. Нарбеков О. Н. Высокогорная климатическая физиология кровообращения. Бишкек, 2008.
5. Шидаков Ю. Х-М, Абдумаликова И. А. Горный пато- и саногенез. Бишкек, 2017.
6. Абдумаликова И. А., Балыкин М. В., Горохова Г. И., Гринько Л. Г. Горная микроангиология. Бишкек, 2019.
7. Воронков А. В., Калашникова С. А., Хури Е. И., Поздняков Д. И. Моделирование черепно-мозговой травмы в условиях эксперименмета у крыс // Современные проблемы науки и образования. 2016. №5.

8. Авцын А. П., Шахламов В. А. Ультраструктурные основы патологии клетки. М.: Медицина, 1979.

References:

1. Martynova, O. V. Antsiferov, O. V., Martynov, M. A., Cherevatenko, R. F., Nesterova, N. I., & Nesterov, A. V. (2019). Issledovanie neirodinamicheskikh narushenii u kryс pri cherepno-mozgovoі travme. *Nauchnye rezul'taty biokhimicheskikh issledovaniі*, 5(3), 50-63. (in Russian).
2. Mirrakhimov, M. M. (1984). *Vysokogornaya kardiologiya*. Frunze. (in Russian).
3. Narbekov, O. N. Meimanaliev, T. S., & Shidakov, Yu. Kh-M. (1996). *Vysokogornaya legochnaya gipertoniya*. Bishkek. (in Russian).
4. Narbekov, O. N. (2008). *Vysokogornaya klimaticheskaya fiziologiya krovoobrashcheniya*. Bishkek. (in Russian).
5. Shidakov, Yu. Kh-M, & Abdumalikova, I. A. (2017). *Gornyi pato- i sanogenez*. Bishkek. (in Russian).
6. Abdumalikova, I. A., Balykin, M. V., Gorokhova, G. I., & Grin'ko, L. G. (2019). *Gornaya mikroangiologiya*. Bishkek. (in Russian).
7. Voronkov, A. V., Kalashnikova, S. A., Khuri, E. I., & Pozdnyakov, D. I. (2016). Modelirovaniye cherepno-mozgovoі travmy v usloviyakh eksperimenmeta u kryс. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, (5). (in Russian).
8. Avtsyn, A. P., & Shakhlamov, V. A. (1979). *Ul'trastrukturnye osnovy patologii kletki*. Moscow. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 10.08.2021 г.*

*Принята к публикации
22.08.2021 г.*

Ссылка для цитирования:

Шувалова М. С., Шидаков Ю. Х-М., Жанузак Д. З. Влияние модели разового вахтового труда в высокогорье на поведение и структурную организацию мозжечка // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №9. С. 375-381. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/33>

Cite as (APA):

Shuvalova, M., Shidakov, Yu., & Zhanuzakov, D. (2021). Effect of the Model of one-Time Shift Work in the Highlands on the Behavior and Structural Organization of the Cerebellum. *Bulletin of Science and Practice*, 7(9), 375-381. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/33>