

1. Гипобароадаптация как метод реабилитации организма / А. Г. Николаева [и др.] // Актуальные проблемы медико-социальной экспертизы и реабилитации: науч.-практ. конф. с международным участием. – Минск, 2005. – С. 89–90.

2. Козлов, В. А. Иммунная система и физические нагрузки / В. А. Козлов, О. Т. Кудяева // Мед. иммунология. – 2002. – Т. 4. – № 3. – С. 427–438.

3. Влияние адаптации к периодической гипоксии на гормональный статус, длительность ремиссии заболевания у пациентов с аллергической формой бронхиальной астмы / А. Г. Николаева [и др.] // Материалы 73-ой науч. сессии сотр. ун-та «Достижения фундаментальной медицины и фармации», Витебск, 2018. – С. 289–292.

4. Физическая работоспособность и иммунологический статус спортсменов под влиянием барокамерной гипобарической адаптации / Ю. А. Коваленко [и др.] // Прикладная спортивная наука. – 2016. – № 1 (3). – С. 57–63.

УДК 612.823

Пашкевич С.Г.

Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси

Песоцкая Я.А.

Белорусский государственный университет физической культуры

Республика Беларусь, Минск

ВЛИЯНИЕ ГИПОКИНЕЗИИ НА СТРУКТУРУ ГИППОКАМПА

Pashkevich S.G.

Institute of Physiology of National Academy of Sciences

Pesotskaya Ya.A.

Belarusian State University of Physical Culture

Republic of Belarus, Minsk

INFLUENCE OF HYPOKINESIA ON THE STRUCTURE OF HIPPOCAMP

ABSTRACT. The study determines that daily stress-free restriction of rat's mobility for two hours for five days was accompanied by structural reorganizations of the CA1-CA3 areas of the hippocampus and the activation of the migration of endogenous stem cells to these regions. Thus, not only physical activity, but also stress-free moderate limitation of mobility is accompanied by dynamic and adaptive changes in the hippocampal neural networks.

KEYWORDS: hypokinesia; hippocampus; stem cells.

АННОТАЦИЯ. В исследовании установлено, что ежедневное бесстрессовое ограничение подвижности крыс по два часа в течение пяти суток сопровождается структурными реорганизациями CA1-CA3 областей гиппокампа и процессами активации миграции эндогенных стволовых клеток к этим регионам. Таким образом, не только физическая активность, но и обучение к бесстрессовому умеренному ограничению подвижности сопровождается динамическими и адаптивными изменениями в нейронных сетях гиппокампа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гипокинезия; гиппокамп; стволовые клетки.

Сравнительно недавно появились доказательства того, что умеренное повышение физической активности в сочетании с возрастанием числа социальных контактов сопровождается усилением нейрогенеза в гиппокампе и повышением эффективности синаптической передачи, улучшением памяти и обучаемости. Согласно гипотезе Гердта Кемперманна [1]: физическая активность, наряду с интеллектуальной, является естественным пусковым механизмом адаптивного нейрогенеза. Выполнение аэробных нагрузок сопровождается возрастанием объема и улучшением работы нейронных сетей структур головного мозга, отвечающих за формирование памяти и обеспечивающее нейропротекторный эффект при экстремальных воздействиях [2].

Полагают, что процесс запоминания обусловлен совокупностью нейрохимических и нейрофизиологических реакций на уровне структур лимбической системы, в числе которых ведущую роль играет гиппокамп [1]. Новые нейроны образуются в нем на протяжении всей жизни. Одной из локализаций процесса нейрогенеза у взрослых особей, является область зубчатой извилины [2]. Благодаря подвижному цитоскелету, стволовые клетки не имеют характерной для дифференцированных клеток формы [3]. Направление дифференцировки и особенности процессов миграции эндогенных стволовых клеток определяют сигналы от микроокружения [2]. Это сопровождается реконструкцией нейронных сетей, что потенциально затрудняет доступ к информации, хранящейся в них. Воздействие стрессорных факторов без двигательной активности или гиподинамия значительно понижает скорость нейрогенеза, что усложняет формирование навыков, поскольку не сопровождается забыванием отрицательных эмоций [2]. Так, подавление нейрогенеза ухудшает способность животных к обучению, а стимуляция улучшает: фармацевтические манипуляции, обычно ускоряющие процессы нейрогенеза, после физической нагрузки ухудшают воспроизведение полученных знаний [4]. Целью исследования стала оценка структурных изменений гиппокампа половозрелых крыс после моделирования гипокинезии. Акцентировали внимание на поиске наличия и особенностях распределения эндогенных стволовых клеток зубчатой извилины гиппокампа.

Материалы и методы исследования. Экспериментальные манипуляции проведены в светлое время суток на крысах-самцах линии Вистар ($n=10$, $200\pm 6,8$ г), в соответствии с рекомендациями Европейской комиссии по биоэтике. После приучения к рукам экспериментатора и бесстрессовому пребыванию в рестрейнерах, ограничивающих перемещение в каудо-ростральном направлении, у животных в течение пяти суток моделировали гипокинезию (два часа, ежедневно $n=5$, 5 крыс – интактные). Срезы получали на криостате HM525 (Германия) при быстрой заморозке до -20 °C на основе элемента Пельтье без предварительной фиксации. Весь головной мозг располагали на столик для быстрой заморозки, на который предварительно наносили среду для замораживания срезов Neg50. На криостате получали 4–5 срезов толщиной 8 мкм, которые располагали на предварительно обезжиренные в жидкости Никифорова (этанол-эфир 1:1) предметные стекла. Затем полученные срезы помещали для фиксации на 24 ч в 96%-ный этиловый спирт. Через 24 ч стекла со срезами извлекали и оставляли на 15 мин для удаления остатков спирта. Криостатные срезы окрашивали раствором антител к CD90, конъюгированных с FITC. Инкубировали при температуре 37 °C в течение 45 мин. Для документации данных и морфометрической обработки материала проводили перенос изображения с гистологических препаратов на электронные носители при помощи системы флуоресцентной визуализации клеток ZOE

(Fluorescent Cell Imager, Bio-Rad Laboratories, 1450031, предоставлен ООО «Альгимед Трейд», Беларусь).

Результаты и их обсуждение. В гиппокампе половозрелых крыс линии Вистар выявлены CD90-позитивные эндогенные стволовые клетки. При этом число флуоресцирующих клеток в зубчатой извилине с увеличением периода времени после выделения гиппокампа из мозга прогрессивно уменьшалось, и при этом увеличивалось по периметру в месте травмы (рисунок 1). Примечательно, что непосредственно после выделения гиппокампа и изготовления срезов эндогенные стволовые клетки выявлялись только в зубчатой извилине, но не были обнаружены по краю срезов в месте травмы после выделения гиппокампа из мозга крыс.

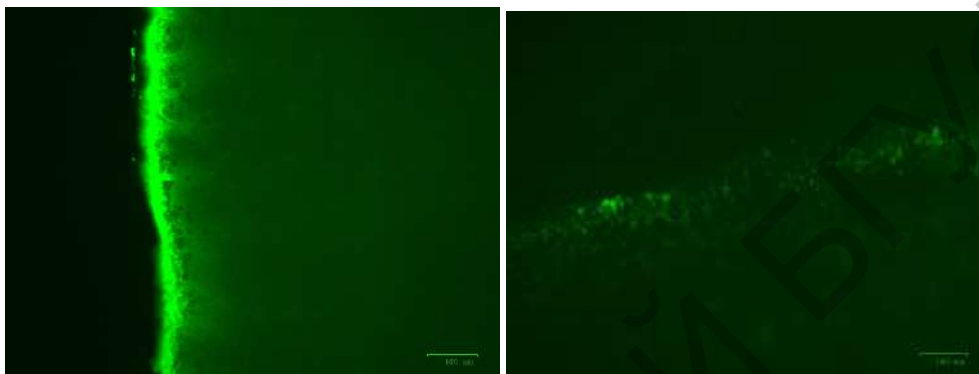


Рисунок 1 – Флуоресцирующие эндогенные стволовые клетки, экспрессирующие CD90: А) край среза головного мозга в области коры больших полушарий; Б) участок зубчатой извилины гиппокампа (Fluorescent Cell Imager, Bio-Rad Laboratories, 1450031)

В опытах с моделированием гипокинезии эндогенные стволовые клетки начинали появляться не только в участках механического повреждения мозга, но и в СА1-СА3 областях гиппокампа. Также отмечено, что в условиях гипокинезии эти нейронные популяции претерпевают реорганизацию, отмечено увеличение количества клеток глии (рисунок 2).

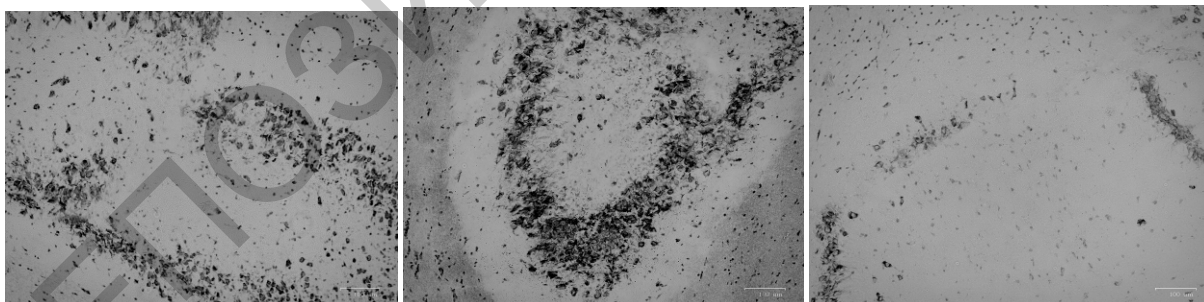


Рисунок 2 – СА1-СА3 области гиппокампа крыс с редуцированным количеством клеточных элементов (Fluorescent Cell Imager, Bio-Rad Laboratories, 1450031)

Обнаруженные структурные изменения не влияли на соматический статус животных и носили обратимый характер.

При восстановлении режима физической активности, характерной для пребывания в виварии, СА1-СА3 области гиппокампа претерпевают позитивные изменения благодаря процессам нейропластичности. Так, при заборе головного мозга через один месяц в структурах гиппокампа не отмечено значимых морфоструктурных изменений по сравнению с контрольными образцами.

Выводы. В процессе эволюции живые организмы проходят естественный отбор, направленный на согласование функционирования всех структурных элементов. Слаженная работа систем, органов и тканей позволяет восстанавливаться после тяжелых физических нагрузок и эмоциональных воздействий. Положительные эмоции победителей сопровождаются выбросом эндорфинов, энкефалинов и других регуляторных факторов в кровоток, что способствует активации репаративных процессов.

В исследовании установлено, что ежедневное бесстрессовое ограничение подвижности по два часа в течение пяти суток сопровождается структурными реорганизациями CA1-CA3 областей гиппокампа и процессами активации миграции эндогенных стволовых клеток к этим регионам. Таким образом, не только физическая активность, но и обучение бесстрессовому умеренному ограничению подвижности сопровождается динамическими и адаптивными изменениями в нейронных сетях гиппокампа.

Исследование процессов миграции стволовых клеток имеет и клинический потенциал. Так, периневральная миграция мезенхимальных стволовых клеток является основой разработки новых подходов для лечения заболеваний центральной нервной системы и внутренних органов [5]. Исследование потенциала эндогенных стволовых клеток является перспективным для обоснования режимов физических тренировок, продолжительности периода покоя и восстановления.

1. Кемперманн, Г. Революция в голове. Как новые нервные клетки омолаживают мозг: моногр. / Г. Кемперманн. – М., 2016. – 320 с.

2. Wang, R. Exercise-induced brain-derived neurotrophic factor expression: Therapeutic implications for Alzheimer's dementia // R. Wang, R.M.D. Holsinger, Ageing Res Rev. – 2018. – Vol. 48. – P. 109–121.

3. Concise Review: Regulatory Influence of Sleep and Epigenetics on Adult Hippocampal Neurogenesis and Cognitive and Emotional Function / K.G. Akers [et al.] // Stem Cells. – 2018. – Vol. 36 (7). – P. 969–976.

4. Hippocampal neurogenesis enhancers promote forgetting of remote fear memory after hippocampal reactivation by retrieval / R. Ishikawa [et al.] // Elife. – 2016. – Vol. 5.

5. Perineural Way of Stem Cells Migration to Injured Heart Regions / A. Zamaro [et al.] // Biomed J Sci & Tech Res. 2019. – Vol. 14 (1). – P. 1–4.

УДК 1.159.9; 159.94

Петрушкина Н.П.,

Коломиец О.И.

Уральский государственный университет физической культуры
Российская Федерация, Челябинск

УРОВЕНЬ АГРЕССИИ У СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ, ИМЕЮЩИХ ПРИЗНАКИ ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТИ

Petrushkina N.P.,

Kolomiets O.I.

Ural State University of Physical Culture
Russian Federation, Chelyabinsk