

REFERENCES

1. Alhola, P. Sleep deprivation: Impact on cognitive performance / P. Alhola, P. Polo – Kantola // *Neuropsychiatric Disease and Treatment*. – 2007. – Vol. 3, № 5. – P. 553 – 567.
2. National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary / M. Hirshkowitz, K. Whiton, S.M. Albert [et al.] // *Sleep Health*. – 2015. – Vol. 1, № 1. – P. 40 – 43.
3. Petrov, A.V. Features of the sleep – wake regime of students of medical universities in Russia / A.V. Petrov, E.N. Sidorova, T.M. Ivanova // *Medical Education and Professional Development*. – 2019. – № 3(35). – P. 76 – 85.
4. Sleep disturbances among medical students: a global perspective / M.C. Azad, K. Fraser, N. Rumana [et al.] // *Journal of Clinical Sleep Medicine*. – 2015. – Vol. 11(1). – P. 69 – 74.
5. Lebedeva, O.D. The impact of sleep disorders on the academic performance of medical students / O.D. Lebedeva, V.I. Kuznetsov, A.A. Markin // *Bulletin of RSMU*. – 2020. – № 2. – P. 87 – 93.
6. The sleep – deprived human brain / A.J. Krause, E.B. Simon, B.A. Mander [et al.] // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2017. – Vol. 18 (7). – P. 404 – 418.
7. Sorokina, L.A. The problem of the gap between theoretical knowledge and practical skills of health preservation among students of medical universities / L.A. Sorokina, L.G. Buynov, N.N. Plakhov // *Hygiene and Sanitation*. – 2018. – № 97 (9). – P. 854 – 859.

Сведения об авторах

И.В. Мунина – старший преподаватель

Т.А. Савченко – студент

М.М. Хаётов – студент

Information about the authors

I.V. Munina – Senior Lecturer

T.A. Savchenko – Student

M.M. Haetov – Student

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

gelfkfj@mail.ru

УДК: 537.87:612.821.084

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНО НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА КОГНИТИВНОЕ ПОВЕДЕНИЕ БЕЛЫХ МЫШЕЙ

Аллилуева Арина Андреевна¹, Асфандиярова Вероника Фанилевна¹, Маклакова Ирина Юрьевна^{1,2}

Кафедра нормальной физиологии

¹ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России

²ГАУЗ СО «Институт медицинских клеточных технологий»

Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. Воздействие на крыс электромагнитным полем 50 Гц может быть причиной тревожных состояний или окислительного стресса. Ухудшение пространственной памяти и обучения может быть вызвано снижением экспрессии гена рецептора D2, что влияет на пластичность ингибирующих цепей. Электромагнитное поле чрезвычайно низкой частоты вызывает тревожное поведение, окислительный стресс в гипоталамусе и гиппокампе и снижает его нейропластичность. **Цель исследования** – изучить влияние электромагнитного поля частотой 50 Гц и силой 10 А на экспериментальную группу мышей, оценить их когнитивный статус после воздействия. **Материал и методы.** Пять мышей подвергались воздействию поля частотой 50 Гц и силой тока 10 А в течение 2 месяцев (по 2 часа в день). В контрольной группе пять мышей были без воздействия. Для оценки когнитивного статуса был проведен тест в открытом поле, тест на социальное распознавание и NOR – тест. **Результаты.** Мыши, получающие воздействие ЭМИ, в тесте на открытом поле демонстрируют наибольшую активность в сегменте А2, что указывает на повышенную тревожность. Мыши, получающие воздействие ЭМИ, со старым объектом проводили 22,5 с, с новым – 19,5 с; контрольная группа со старым объектом проводила – 19,8 с, с новым – 20,1 с. Мыши, получающие воздействие ЭМИ, проявляют признаки избегания по отношению к мышам. **Выводы.** Мыши избегают открытых пространств, двигаясь по периферии поля. Наблюдается поздний выход в центр, что отражает отрицательные эмоции животного. Индекс распознавания для мышей под воздействием ЭМИ ниже, чем у контрольной группы, что свидетельствует о снижении способности к распознаванию нового объекта у мышей под воздействием ЭМИ. Воздействие ЭМИ негативно влияет на социальное поведение мышей.

Ключевые слова: электромагнитное поле чрезвычайно низкой частоты, мыши, когнитивное поведение.

THE EFFECT OF AN EXTREMELY LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD ON THE COGNITIVE BEHAVIOR OF WHITE MICE

Alliluyeva Arina Andreevna¹, Asfandiarova Veronika Fanilevna¹, Maklakova Irina Yurievna^{1,2}

Department of Normal Physiology
¹Ural State Medical University
²Institute of Medical Cell Technologies
Yekaterinburg, Russia

Abstract

Introduction. Exposure of rats to 50 Hz electromagnetic field may cause anxiety or oxidative stress. Impairment of spatial memory and learning may be due to decreased expression of the D2 receptor gene, which affects the plasticity of inhibitory circuits. Extremely low frequency electromagnetic field causes anxiety behavior, oxidative stress in the hypothalamus and hippocampus and reduces its neuroplasticity. **The aim of the study** is to research the effect of 50 Hz and 10 A electromagnetic field on the experimental group of mice and to assess their cognitive status after exposure. **Material and methods.** Five mice were exposed to a field of 50 Hz and 10 A for 2 months (2 hours per day). In the control group, five mice were not exposed. To assess the cognitive status, an open field test, a social recognition test and a NOR test were performed. **Results.** Mice exposed to EMF demonstrate the highest activity in the A2 segment in the open field test, indicating increased anxiety. Mice exposed to EMF spent 22.5 s with the old object and 19.5 s with the new one; the control group spent 19.8 s with the old object and 20.1 s with the new one. Mice exposed to EMF show signs of avoidance towards other mice. **Conclusions.** Mice avoid open spaces, moving along the periphery of the field. Late exit to the center is observed, reflecting the negative emotions of the animal. The recognition index for mice exposed to EMF is lower than that of the control group, indicating a decrease in the ability to recognize a new object in mice exposed to EMF. Exposure to EMF negatively affects the social behavior of mice.

Keywords: extremely low frequency electromagnetic field, mice, cognitive behavior.

ВВЕДЕНИЕ

Низкочастотные магнитные поля возникают вокруг всех электрических приборов и проводов с переменным током, протекающим через них [1].

Гуаньин Ци и др. считают, что электромагнитные поля могут влиять на выработку таких веществ, как свободные радикалы, которые сами могут вступать в реакцию с ДНК, или других веществ, вызывающих хромосомные повреждения, провоцируя транслокацию путём разрыва ДНК или образования неестественных структур ДНК [2].

В исследовании Гуаньин Ци и др. отмечают, что средняя масса тела мышей мужского и женского пола из экспериментальных групп, подвергнутых воздействию электромагнитного поля частотой 50 Гц значительно ниже, чем в контрольных. Антонопулос А. указывает на увеличение прогрессирования клеточного цикла лимфоцитов человека, подвергнутых воздействию 5 мТл (50 Гц) [2].

В работе Токалова С.В. было показано, что в магнитном поле повышается экспрессия белка теплового шока (HSP) [3].

Гарип и др. подвергли клетки лейкемии человека (k562) воздействию электромагнитного поля частотой 50 Гц с магнитной интенсивностью 1 мТл в течение 3 часов и наблюдали, что в клетках, не подвергшихся окислительному стрессу, оно может снизить количество апоптотических клеток за счет повышения уровня белка теплового шока. Однако оно увеличивает скорость апоптоза в клетках, вызванных окислительным стрессом [4].

По данным Маннерлинга и др., в клетках лейкемии человека наблюдалось повышенное образование активных форм кислорода, вызванное электромагнитным полем чрезвычайно низкой частоты [4].

Джалилиан и др. указали на потенциальную связь между профессиональным воздействием электромагнитным полем чрезвычайно низкой частоты и повышенным риском болезни Альцгеймера [4].

Карими и др. при воздействии 50 Гц электромагнитного поля с магнитной интенсивностью 2000 мкТл в течение 2 часов/день в течение 28 дней на крыс продемонстрировали, что воздействие такого поля может улучшить сохранение памяти, но может быть причиной тревожных состояний или окислительного стресса по сравнению с не подвергавшимися воздействию крысами [4].

Мохаммад Хассан Сахаи и др. считают, что ухудшение пространственной памяти и обучения может быть вызвано снижением экспрессии гена рецептора D2, что, возможно, влияет на пластичность ингибирующих цепей [5].

Возможным объяснением ингибирующего действия низкочастотного электромагнитного поля может быть повышение внутриклеточного уровня Ca^{2+} , что является результатом чрезмерной или постоянной активации глутамат – зависимых ионных каналов, что может вызвать дегенерацию нейронов [5].

Эхсан Хоссейни показал, что электромагнитного поле чрезвычайно низкой частоты (50 Гц) может нарушать работу гиппокампа и префронтальной коры, вызывая тревожное поведение. Кроме того, электромагнитное поле чрезвычайно низкой частоты может вызывать тревожное поведение [6].

Цель исследования – изучить влияние электромагнитного поля частотой 50 Гц и силой 10 А на экспериментальную группу мышей, оценить их когнитивный статус после воздействия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведен анализ 6 статей, содержащих исследование влияния электромагнитных полей низкой частоты на живой организм в период 2004 – 2024 гг. Информация была получена в научной электронной библиотеке eLibrary.ru, National Library of Medicine «PubMed» и поисковой системе научных публикаций Google Scholar. В ходе изучения литературных источников для воздействия было решено использовать электромагнитное поле частотой 50 Гц и силой тока 10 А.

Экспериментальное воздействие проводили на лабораторных мышах. Было использовано 2 группы лабораторных мышей: экспериментальная и исследуемая, в каждой группе находилось 2 самки и 3 самца. Мыши не имели специфических патогенов.

Мыши содержались в виварии, температура поддерживалась в диапазоне 20–24 °С, относительная влажность 45–65%. Клетки менялись каждые 7 дней, ежедневно осматривались. Мышам предоставлялось 150 г подстилочного материала (древесные опилки, стружка), еда и вода находились в свободном доступе. За животными ухаживали в соответствии с принципами и рекомендациями Этического комитета по уходу за животными.

Мыши были индивидуально идентифицированы в каждой клетке с помощью окраски ушей в черный или красный цвет: одна особь – окрашены оба уха в красный цвет, вторая особь – окрашено правое ухо в красный цвет, третья особь – окрашено левое ухо в красный цвет, четвертая особь – оба уха окрашены в черный цвет, пятая особь уши не окрашены.

Вес тела измеряли до начала эксперимента и по его завершении. Пять мышей подвергались воздействию поля частотой 50 Гц и силой тока 10 А в течение 2 месяцев (по 2 часа в день). В контрольной группе пять мышей были без воздействия.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для того, чтобы подтвердить или опровергнуть предположение о влиянии электромагнитного поля низкой частоты на метаболизм живого организма, было произведено измерение веса обеих групп животных до начала эксперимента и после его завершения. Данные о весе лабораторных животных приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Сравнение веса контрольной и экспериментальной группы мышей

До начала эксперимента		
Особь	Вес(г.); экспериментальная	Вес(г.); контрольная
№1 (оба уха окрашены в красный)	26,24	28,3
№2 (правое ухо – красное)	30,50	29,1
№3 (левое ухо – красное)	29,4	27,7
№4 (правое ухо – черное)	27,9	30,1
№5 (уши не окрашены)	28,7	28,7
После окончания эксперимента		
Особь	Вес(г.); экспериментальная	Вес(г.); контрольная
№1 (оба уха окрашены в красный)	25,46	28,1
№2 (правое ухо – красное)	28,76	29,9
№3 (левое ухо – красное)	29	27,6
№4 (правое ухо – черное)	25,98	30,1
№5 (уши не окрашены)	27,54	28,8

Для оценки когнитивного статуса была проведена серия тестов, а именно: тест в открытом поле для выявления тревожного поведения; тест на социальное распознавание и NOR – тест.

1) Тест в открытом поле на тревожное поведение

Мыши тестировались в открытом поле, состоящем из самодельной квадратной арены, размером 500 мм×500 мм×300 мм. Арена была разделена на 16 квадратов (12,5х12,5) красными линиями и освещалась из общего освещения в учебном кабинете (потолочные светильники с люминесцентными лампами и светодиодами). Тест проводился через 2 недели и 2 месяца после начала эксперимента.

Животные помещались в центр арены, и их поведение записывалось на видео в течение 3 минут. Мыши подсчитывались как находящиеся в определенной области, когда все четыре ноги находились в пределах области. Арена протиралась влажной тряпкой перед каждым тестом.

Оценивались следующие параметры: количество пересеченных внутренних и внешних квадратов, время нахождения в каждом квадрате, горизонтальная двигательная активность, вертикальная двигательная активность, груминг, дефекации.

Результаты теста в открытом поле представлены в Таблице 2.

Таблица 2.

Тест в открытом поле		
Через 2 недели с начала эксперимента		
Показатель	Мыши, получающие воздействие ЭМИ	Контрольная группа
Среднее время нахождения в каждом сегменте, сек (в скобках указано среднее количество пересечений каждого сегмента, раз)	A1 – 15 (6); A2 – 12,6 (6,4); A3 – 8,2 (6,6) A4 – 14,6 (5) B1 – 11,2 (3,4); B2 – 0 (2,4); B3 – 0,8 (2,4); B4 – 5,6 (7,2) C1 – 6,8 (8); C2 – 0,8 (2,4) C3 – 1,2 (2,4); C4 – 5,8 (5) D1 – 21,4 (5,8); D2 – 9,8 (4,6); D3 – 5,8 (4); D4 – 19,8 (3,8)	A1 – 13,1 (4,8); A2 – 8,1 (6,3); A3 – 10,1 (7,2) A4 – 9,4 (4,3) B1 – 10,8 (3,5); B2 – 4,8 (6,7); B3 – 5,4 (3,2); B4 – 4,6 (6,8) C1 – 5,8 (6,3); C2 – 5,3 (3,2) C3 – 6,1 (3); C4 – 6,8 (4,7) D1 – 13,2 (4,9); D2 – 10,3 (3,9); D3 – 6,1 (2,8); D4 – 10,1 (3,5)
Среднее значение вертикальной двигательной активности, раз	28,6	23,1
Груминг	2,4 раз (2,9 сек)	4,8 раза (2,5 сек)
Средний уровень дефекации	0,4	0,5
Через 2 месяца с начала эксперимента		
Среднее время нахождения в каждом сегменте, сек (в скобках указано среднее количество пересечений каждого сегмента, раз)	A1 – 13,5 (5); A2 – 15 (10); A3 – 10 (7,3) A4 – 11,75 (8) B1 – 10,25 (7); B2 – 8,5 (5); B3 – 3 (3); B4 – 9 (6,8) C1 – 15 (8); C2 – 2,5 (2) C3 – 2,2 (2); C4 – 12,5 (9) D1 – 17 (8); D2 – 9 (8); D3 – 17,5 (7); D4 – 19,5 (8)	A1 – 12,1 (5); A2 – 7,3 (6); A3 – 9,2 (8,5) A4 – 12,6 (3,8) B1 – 12,1 (4,8); B2 – 6 (6,8); B3 – 3,2 (3,2); B4 – 4,6 (7) C1 – 7,2 (5); C2 – 5,9 (3,8) C3 – 6,6 (3); C4 – 6,8 (4,7) D1 – 14,3 (4,1); D2 – 9,3 (4,2); D3 – 7,1 (3,7); D4 – 10,2 (3,3)
Среднее значение вертикальной двигательной активности, раз	39	20,2
Груминг	1,2 раз (4,6 сек)	4,3 раза (2,3 сек)
Средний уровень дефекации	0,2	0,6

Результаты мышей, подвергавшихся воздействию ЭМИ в течение 2 месяцев, отличаются от результатов мышей, находившихся в эксперименте 2 недели. По сравнению с ними у мышей через 2 месяца с начала эксперимента значительно выросло время нахождения в центральных квадратах (B2, B3, C2, C3), что может свидетельствовать о привыкании мышей к воздействию и активации механизмов саморегуляции организма. В то же время возросло и время нахождения в квадратах по периферии, поэтому нельзя сделать однозначный вывод о том, влияет ли длительность воздействия ЭМИ на тревожное поведение у мышей.

2) Тест на распознавание новых объектов (NOR) – это тест на память, который основан на спонтанном поведении животных. Тест проводился в течение трех дней 2,5 ч.

День 1, 23 декабря 2024г.: мыши знакомились с тестовой ареной, в качестве арены использовался контейнер – органайзер с тремя отсеками, которые сообщались друг с другом

День 2, 24 декабря 2024г.: мышей помещали на арену с двумя новыми объектами (2 белых пластиковых куба).

День 3, 25 декабря 2024г.: мышей снова помещали на арену с двумя объектами. Один объект был знакомым, другой – новым; белый пластиковый куб заменили на красную крышку от бутылки.

Опыт проводился как у экспериментальной, так и у контрольной групп, результаты фиксировались на видеокамеру. Общее время, проведенное в арене, равнялось 3 минутам.

Результаты: мыши, получающие воздействие ЭМИ, со старым объектом проводили 22,5 с; в то время как контрольная группа – 19,8 с. Мыши, получающие воздействие ЭМИ, с новым объектом проводили 19,5 с; в то время как контрольная группа – 20,1.

Индекс распознавания = $T(\text{новый}) / T(\text{новый}) + T(\text{старый}) = 0,46$ для мешей, получающих воздействие ЭМИ. Индекс распознавания для контрольной группы равен 0,503.

3) Трехкамерный социальный тест

Тест проводился сразу же после проведения последнего этапа когнитивного теста – 25 декабря 2024г.

Арена использовалась та же, что и при проведении когнитивного теста, арена сделана из пластика и оснащена параллельными перегородками, которые разделяют арену на 3 отсека, перегородки имеют меньшую длину в сравнении с шириной прямоугольной арены, в результате мышь может перемещаться между отсеками. Были использованы плотные пластиковые стаканы, в которых были сделаны прорезы.

Мышь была помещена в центральный отсек, из которого она может свободно переходить в боковые отсеки. В один из боковых отсеков в плотный пластиковый стакан с прорезями помещена ещё одна мышь. В тесте измеряется склонность мыши посещать или избегать зону вокруг цилиндра со второй мышью. Общее время, проведенное в арене, равнялось 3 минутам. Результаты представлены в Таблице 3.

Таблица 3.

Трехкамерный социальный тест

Показатель	Мыши, получающие воздействие ЭМИ	Контрольная группа
Общее время, проведенное в каждой камере (сек.)	1. Камера №1 (где находится пластиковый стакан с мышью) – 42 2. Камера №2 – 67,5 3. Камера №3 – 58,5	1. Камера №1 (где находится пластиковый стакан с мышью) – 56,75 2. Камера №2 – 60,3 3. Камера №3 – 50,9
Частота посещений (р.)	1. Камера №1 (где находится пластиковый стакан с мышью) – 4 2. Камера №2 – 5,5 3. Камера №3 – 4,7	1. Камера №1 (где находится пластиковый стакан с мышью) – 7 2. Камера №2 – 5 3. Камера №3 – 4
Социальные взаимодействия	Обнюхивание – 4 р.	Обнюхивание – 7 р.

ОБСУЖДЕНИЕ

Электромагнитного поля низкой частоты негативно влияет на метаболизм живого организма, что проявляется снижением массы тела. Полученные результаты соответствуют исследованию Гуаньин Ци и др., где также указывалось на снижение массы тела мышей в экспериментальной группе [2].

Мыши, получающие воздействие ЭМИ, демонстрируют наибольшую активность в сегментах А2, А3, А4, В1, В4, С1, С4, D2, D3, D4, особенно в сегменте А2, что указывает на повышенную тревожность. Они избегают открытых пространств (проводят наименьшее количество времени), двигаясь по периферии поля. Наблюдается поздний выход в центр, что отражает отрицательные эмоции животного. Контрольная группа мышей чаще посещала центральные сегменты (В2, В3, С2, С3), что говорит о меньшем уровне тревожности. Некоторые ученые также указывают на повышение тревожного поведения у экспериментальных животных [4,6].

Большее значение вертикальной активности у экспериментальной группы указывает на то, что мыши активно исследуют свою среду, в отличие от контрольной. Низкий уровень груминга экспериментальной группы также указывает на стресс или свидетельствует о депрессивном состоянии. Отсутствие дефекации у большинства особей, подвергающихся излучению, может свидетельствовать о высоком уровне тревожности или стресса.

Мыши под воздействием ЭМИ провели больше времени со старым объектом (22,5 сек.) по сравнению с новым (19,5 сек.), что может указывать на снижение способности к распознаванию нового объекта. Контрольная группа провела больше времени с новым объектом (20,1 сек.) по сравнению со старым (19,8 сек.), что указывает на нормальную функцию памяти и распознавания. Индекс распознавания для мышей под воздействием ЭМИ составляет 0,46, что ниже, чем у контрольной группы (0,503) (индекс распознавания $>0,5$ является признаком нормальной функции памяти). Это свидетельствует о снижении способности к распознаванию нового объекта у мышей под воздействием ЭМИ. Мохаммад Хассан Сахаи и др в исследовании также указывали на снижение пространственной памяти и обучения [5].

Мыши, получающие воздействие ЭМИ, проявляют признаки избегания по отношению к мышам в камере №1, что может указывать на тревожное состояние и стресс. Они проводят меньше времени и реже посещают эту камеру по сравнению с контрольной группой. Также, исследуемые особи, меньшее количество раз взаимодействовали (обнюхивали) с другой мышью. Более длительное время, проведенное в других камерах, может свидетельствовать о поиске более комфортных условий.

ВЫВОДЫ

1. Мыши, получающие воздействие ЭМИ, в тесте на открытом поле демонстрируют наибольшую активность в сегментах А2, А3, А4, В1, В4, С1, С4, D2, D3, D4, особенно в сегменте А2, что указывает на повышенную тревожность. Наблюдается поздний выход в центр, что отражает отрицательные эмоции животного. Контрольная группа мышей чаще посещала центральные сегменты (В2, В3, С2, С3), что говорит о меньшем уровне тревожности. Большее значение этого параметра у экспериментальной группы указывает на то, что мыши активно исследуют свою среду, в отличие от контрольной. Низкий уровень груминга экспериментальной группы также указывает на стресс или свидетельствует о депрессивном состоянии. Отсутствие дефекации у большинства особей, подвергающихся излучению, может свидетельствовать о высоком уровне тревожности или стресса.

2. В тесте на открытом поле у мышей через 2 месяца с начала эксперимента значительно выросло время нахождения в центральных квадратах (В2, В3, С2, С3), что может свидетельствовать о привыкании мышей к воздействию и активации механизмов саморегуляции организма. В то же время возросло и время нахождения в квадратах по периферии, поэтому нельзя сделать однозначный вывод о том, влияет ли длительность воздействия ЭМИ на тревожное поведение у мышей.

3. Мыши под воздействием ЭМИ провели больше времени со старым объектом (22,5 сек.) по сравнению с новым (19,5 сек.), что может указывать на снижение способности к распознаванию нового объекта. Контрольная группа провела больше времени с новым объектом (20,1 сек.) по сравнению со старым (19,8 сек.), что указывает на нормальную функцию памяти и распознавания.

4. Результаты трехкамерного социального теста могут указывать на то, что воздействие ЭМИ негативно влияет на социальное поведение и эмоциональное состояние мышей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бабич, М.Е. Влияние низкочастотных электромагнитных полей, как источника техногенной опасности, на здоровье человека / М.Е. Бабич, Е.В. Бабич // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций. – 2021. – С. 675 – 683.
2. Effects of extremely low – frequency electromagnetic fields (ELF – EMF) exposure on B6C3F1 mice / G. Qi, X. Zuo, L. Zhou [et al.] // Environmental health and preventive medicine. – 2015. – Vol. 20, № 4. – P. 287–293.
3. Tokalov, S.V. Weak electromagnetic fields (50 Hz) elicit a stress response in human cells / S.V. Tokalov, H.O. Gutzeit // Environmental research. – 2004. – Vol. 94, № 2. – P. 145 – 151.

4. The effect of exposure to low frequency electromagnetic fields (EMF) as an integral part of the housing system on anxiety – related behaviour, cognition and welfare in two strains of laboratory mouse / O. Burman, G. Marsella, A. Di Clemente, L. Cervo // Plos one. – 2018. – Vol. 13, № 5. – P. 197 – 200.
5. Effects of Extremely Low – Frequency Electromagnetic Fields on Neurogenesis and Cognitive Behavior in an Experimental Model of Hippocampal Injury / M.H. Sakhaie, M. Soleimani, B. Pourheydar [et al.] // Behavioral Neurology. – 2017. – Vol. 2017, № 1. – P. 919.
6. Hosseini, E. Ubiquitous extremely low frequency electromagnetic fields induces anxiety – like behavior: mechanistic perspectives / E. Hosseini // Electromagnetic Biology and Medicine. – 2024. – Vol. 43, № 4. – С.220 – 235.

Сведения об авторах

А.А. Аллилуева* – студент
В.Ф. Асфандиярова – студент
И.Ю. Маклакова – доктор медицинских наук, доцент

Information about the authors

A.A. Alliluyeva* – Student
V.F. Asfandiarova – Student
I. Yu. Maklakova – Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor

***Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):**

allilueva05@mail.ru

УДК: 616.155.194.8

ПАТОГЕНЕЗ И ЛЕЧЕНИЕ РЕФРАКТЕРНОЙ К ФЕРРОТЕРАПИИ ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИИ, НАСЛЕДУЕМОЙ ПО АУТОСОМНО – РЕЦЕССИВНОМУ ТИПУ

Амарова Марьям Абдурашидовна, Сивкова Валерия Анатольевна, Катыева Юлия Евгеньевна, Гаврилов Денис Сергеевич
Кафедра биологии и биотехнологий
ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России
Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. Распространенность анемии колеблется в зависимости от пола и возраста людей. Рефрактерная наследственная железодефицитная анемия (iron – refractory iron deficiency anemia – IRIDA) – редкая форма анемии, обусловленная нарушением обмена железа в результате мутаций в гене Tmprss6. Коррекция анемии у пациентов с IRIDA занимает длительный период времени, часто полностью восстановить нормальную концентрацию гемоглобина не удаётся. **Цель исследования** – анализ современных данных о механизмах железодефицитной анемии и выявление эффективных методов лечения рефрактерной к ферротерапии железодефицитной анемии. **Материал и методы.** Проведено обзорно – аналитическое исследование научных статей и публикаций, посвященных теме рефрактерной к ферротерапии железодефицитной анемии. Применялись методы исследования: теоретический анализ, интерпретация и обобщение научных данных. **Результаты.** Установлено, что лечение IRIDA пероральными препаратами железа неэффективно. Частичный эффект можно получить при использовании парентеральных препаратов железа. Причиной IRIDA является врожденный генетический дефект – мутация гена, кодирующего трансмембранную сериновую протеазу 6 (Tmprss6). Следствием данного генетического дефекта является гиперпродукция гепсидина. Нередко симптомы болезни выражены слабо, из – за этого часть случаев так и не диагностируется. **Выводы.** Подозрение на IRIDA (железорезистентную железодефицитную анемию) возникает в случае умеренной железодефицитной анемии с чрезвычайно низким уровнем железа, MCV и MCH. Лечение IRIDA (железорезистентной железодефицитной анемии) пероральными препаратами железа неэффективно из – за высокого уровня гепсидина, частичный эффект можно получить при использовании парентеральных препаратов железа.

Ключевые слова: анемия, малокровие, железодефицит, гемоглобин, железо, диагностика, лечение, ферритин, клинические симптомы, IRIDA, аутосомно – рецессивный тип наследования, рефрактерная к ферротерапии железодефицитная анемия.

PATHOGENESIS AND TREATMENT OF IRON DEFICIENCY ANEMIA REFRACTORY TO FERROTHERAPY, INHERITED IN AN AUTOSOMAL RECESSIVE TYPE

Amarova Maryam Abdurashidovna, Sivkova Valeria Anatolyevna, Katyeva Yulia Evgenyevna, Gavrilov Denis Sergeevich
Department of Biology and Biotechnologies
Ural State Medical University
Yekaterinburg, Russia