

Влияние цитрата железа Synthesit на когнитивные функции у мышей

Байыр Домбаанай¹, Роман Карабанов², Шахбаз Баиг³

¹Отделение нейрохирургии, Институт нейрохирургии им.Бурденко: Москва, РФ, Пляс де Лонжемаль 1, Женева, 1204, Швейцария; ²Кафедра европейских исследований, СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия, Пляс де Лонжемаль 1, Женева, 1204, Швейцария; ³Кафедра общественной медицины, Медицинский колледж Индепенденс, 177-Р, Джинна Колони, Фейсалабад 38000, Пенджаб, Пакистан

Автор: Профессор Доктор Шахбаз Баиг

Адрес: Independence Medical College, 177-R, Jinnah Colony, Фейсалабад 38000, Пенджаб, Пакистан

Email: talha_shahbaz557@yahoo.com

Ключевые слова:

цитрат
железа,
Синтезит,
когнитивные
функции,
пространственная

Аннотация

Введение: В данном исследовании оценивалось влияние цитрата железа Synthesit на когнитивные функции у мышей SHK, с акцентом на пространственную память и эффективность обучения.

Методы и Результаты: Десять самцов мышей линии SHK (возраст 8-10 недель, вес 20-25 г) были случайным образом разделены на две группы по пять особей: контрольную и экспериментальную группы. Экспериментальная группа получала 50 мкг/сут цитрата железа в питьевой воде в течение 6 дней. Когнитивные функции были оценены с использованием восьми-рукавного радиального лабиринта в течение 6 дней, включая фазы привыкания, обучения и тестирования, с перерывом на 5-й день для оценки долговременной памяти. Измерялись такие параметры как правильные и неправильные заходы, время завершения лабиринта и баллы памяти. На 6-й день экспериментальная группа продемонстрировала статистически значимое улучшение в пространственной памяти ($p < 0,05$), время прохождения лабиринта сократилось на 30% (с 322 до 295 секунд), по сравнению с 18%-ным снижением в контрольной группе (316 до 305 секунд). После перерыва экспериментальная группа продемонстрировала лучшие показатели удержания памяти (среднее количество правильных заходов: 3,2 против 2,8; $p > 0,05$).

Выводы: Железо Synthesit в дозе 50 мкг/сут улучшает когнитивную функцию у мышей SHK, повышая пространственную память, скорость обучения и удержание в заданиях на основе лабиринта.

Введение

Железо играет важнейшую роль в функционировании центральной нервной системы, поддерживая кислородный обмен, синтез нейромедиаторов и миелинизацию нервных волокон (Gao et al., 2025; Khattar et al., 2021; Levi et al., 2024; Möller et al., 2019). Дефицит железа, особенно в раннем развитии, связан с нарушением когнитивных функций, включая память, внимание и способность к обучению, что подтверждено многочисленными исследованиями на животных моделях и у людей. Дефицит железа и железодефицитная анемия у детей связаны с долгосрочными когнитивными нарушениями, такими как снижение показателей IQ и ухудшение пространственной памяти (Gutema et al., 2023; Samson et al., 2022; Yeboah et al., 2024). У грызунов дефицит железа нарушает нейрогенез в гиппокампе, отрицательно влияя на пространственное

обучение (Barks et al., 2021; Bastian et al., 2019; Wang et al., 2019). Исследования показывают, что даже при отсутствии анемии дефицит железа может негативно сказываться на когнитивных функциях, что подчеркивает важность поддержания адекватного уровня железа для оптимальной работы мозга.

Напротив, влияние избытка железа или его целенаправленного приема на когнитивные функции остается менее изученным. Хотя железо необходимо для работы мозга, его чрезмерное накопление может привести к окислительному стрессу и нейротоксичности (Chen et al., 2025). Это подчеркивает важность определения оптимальных дозировок и форм приема железа для улучшения познания без побочных эффектов.

У людей коррекция дефицита железа с помощью добавок показала положительные результаты. Например, Murray-Kolb и Beard продемонстрировали улучшение внимания и кратковременной памяти у женщин после приема добавок железа (MacLean et al., 2023). Однако данные о влиянии железа на пространственную память и долгосрочное обучение остаются ограниченными, особенно в экспериментальных моделях.

Synthesit цитрат железа усиливал гемопоэз и улучшал метаболические маркеры у пожилых мышей и приматов, что указывает на системные преимущества, выходящие за рамки коррекции анемии, даже в моделях без дефицита (Kusnir et al., 2024). Это открывает возможности для изучения его роли в улучшении функции мозга через улучшенную метаболическую поддержку.

Значимость данного исследования заключается в необходимости более глубокого понимания роли железа в когнитивных процессах, что может способствовать разработке стратегий по предотвращению и коррекции когнитивных нарушений, связанных с метаболическими нарушениями (Chen et al., 2022). Модели на грызунах, такие как восьмирукавная радиальная лабиринтная установка, широко используются для оценки пространственной памяти и обучения благодаря их чувствительности к изменениям функции гиппокампа (Dalkiran et al., 2022; Gawel et al., 2018; Kohler et al., 2022). Эти модели позволяют исследовать эффекты, которые потенциально применимы к человеку, учитывая сходство основных нейрональных механизмов.

Цель данного исследования заключалась в оценке влияния цитрата железа «Synthesit» на когнитивные функции мышей линии SHK, включая пространственную память, скорость обучения, а также долговременное сохранение памяти с использованием восьмилучевой радиальной лабиринтной установки. Кроме того, в данном исследовании ставилась задача провести параллели между полученными результатами и существующими данными о влиянии железа на когнитивные функции человека.

Методы

Исследование и дизайн

Рандомизированное контролируемое исследование с животными моделями была применена и случайно назначена животным на лечение и контроль группы и сравнение результатов между ними.

Размер выборки исследования

В исследовании участвовали 10 лабораторных мышей линии SHK, разделённых на две группы по 5 особей: контрольная группа (Группа 1) и экспериментальная группа (Группа 2). Все животные были самцами в возрасте 8–10 недель с массой тела 20–25 г в начале эксперимента. Мыши содержались в стандартных условиях вивария: температура $21 \pm 1^\circ\text{C}$, относительная влажность 50–60%, световой режим 12 часов свет/12 часов темнота, свободный доступ к воде и стандартному корму (Lab Diet 5001). Экспериментальная группа получала цитрат железа «Synthesit» в дозе 50 мкг/сут на мышь через питьевую воду в течение 6 дней. Дозировка была выбрана с учётом метаболизма и

продолжительности жизни мышей, в соответствии с рекомендациями (Beard & Connor, 2003) для изучения метаболических эффектов железа у грызунов. Эксперимент проводился в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Директиве Европейского сообщества (2010/63/EU) (Lane-Petter, 1950).

Пространственную память и когнитивные функции оценивали с помощью восьмирукавого радиального лабиринта, состоящего из центральной платформы (диаметр 20 см) и восьми радиальных ответвлений (длина 35 см, ширина 5 см, высота стенок 10 см) (Рисунок 1). В четырёх из восьми лучей размещались пищевые вознаграждения (пеллеты по 20 мг), их расположение оставалось неизменным на протяжении всего эксперимента. Протокол тестирования был адаптирован из работ Richter et al. и Gorina et al. для оценки когнитивных функций у грызунов (Lebedeva et al., 2024).

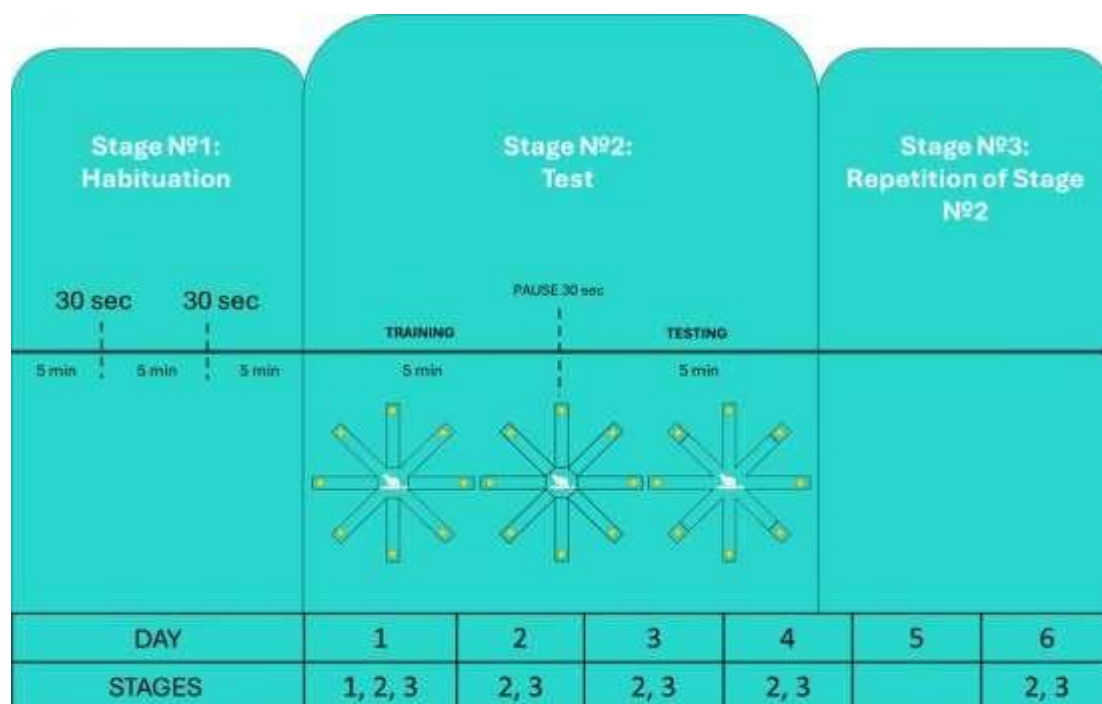


Рисунок 1. Схема восьмирукавого радиального лабиринта и экспериментальных этапов для оценки когнитивных функций у мышей

Эксперимент процесс

Эксперимент состоял из трех этапов:

- **Привыкание:** Мыши исследовали лабиринт без еды в течение 10 минут, чтобы снизить тревожность и адаптироваться к окружающей среде.
- **Обучение:** пищевые награды были размещены в четырёх случайных рукавах. Каждая мышь размещалась в центре лабиринта на 5–6 минут (время для поиска всех наград), при этом фиксировались правильные заходы (в не посещённые ранее рукава с едой) и неправильные заходы (повторные посещения уже исследованных рукавов). Лабиринт очищался 70% этанолом между сеансами для устранения запахов.
- **Тестирование:** Проводилось ежедневно в течение 6 последовательных дней, с перерывом на 5-й день 5 для оценки долговременной памяти. Тестирование проводилось дважды в день (с интервалом 60 минут) для оценки рабочей памяти. Места награды оставались неизменными, что позволяло анализировать сохранение памяти информации.

Измеренные параметры:

Были зафиксированы следующие метрики:

- Количество правильных заходов (в новые группы с наградами).
- Количество неправильных заходов (повторные посещения уже изученных ветвей).
- Всего заходов (сумма правильных и неправильных).
- Память оценка (P), вычисляется как:

$$P = (\text{правильные записи} - \text{неправильные записи}) / \text{всего записей}$$
- Время прохождения лабиринта (секунды) для нахождения всех награды.
- Изменение показателя памяти (ΔP) между попытками, рассчитывается как:

$$\Delta P = (P \text{ текущая попытка} - P \text{ предыдущая попытка}) / P \text{ предыдущая попытка} * 100\%$$

Анализ данных

Данные были проанализированы с помощью IBM SPSS Statistics 20.0 (США). Метрики были сгруппированы по дням и мышам, для каждой группы были рассчитаны средние значения и стандартные отклонения. Для сравнения когнитивных показателей между группами использовался t-критерий Стьюдента для независимых выборок, статистическая значимость определялась при $p < 0,05$.

Результаты

Анализ данных из эксперимента с восьмирукавным радиальным лабиринтом выявил значительный эффект цитрата железа "Synthesit" на пространственную память и когнитивные способности мышей линии SHK. В первые дни (дни 1-2) обе группы показали схожие результаты: большое количество неправильных заходов (14-18 в контрольной группе, 15-17 в экспериментальной группе) и малое количество правильных заходов (2-4 в обеих группах). Однако, начиная с 3-го дня, экспериментальная группа (получавшая 50 мкг/день цитрата железа) превзошла контрольную: среднее количество правильных заходов выросло до 4, в то время как количество неправильных заходов снизилось (например, мышь №2 в экспериментальной группе сократила количество неправильных заходов с 15 до 5 к 6-му дню) (Рисунок 2).

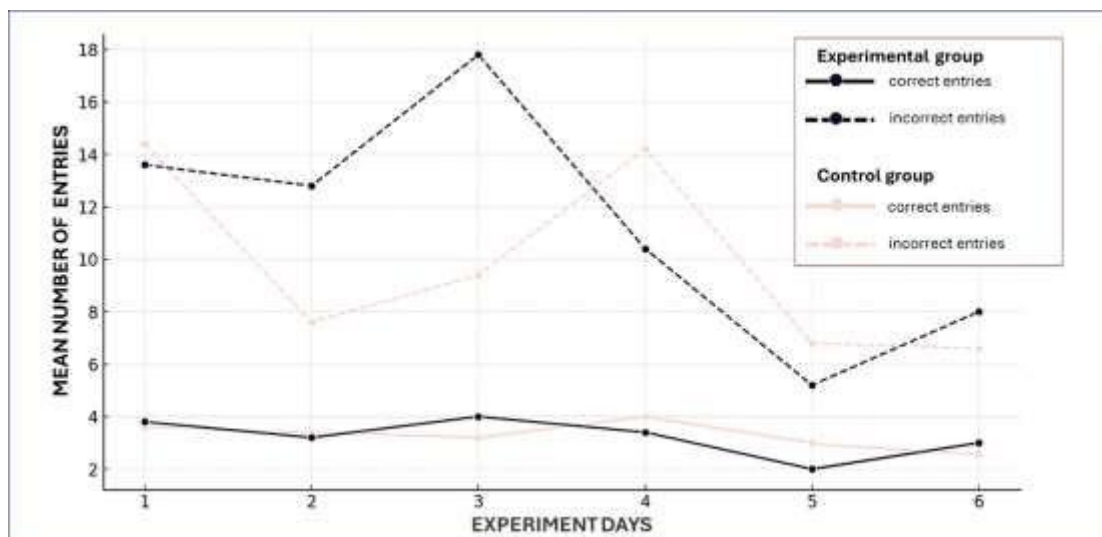


Рисунок 2. Динамика среднего количества правильных и неправильных заходов в обеих группах. Сплошные линии представляют правильные заходы; пунктирные линии - неправильные заходы

Результаты, представленные на рисунке 3, показывают значительную разницу в показа-

телях памяти между экспериментальной и контрольной группами к 6-му дню. Экспериментальная группа, получавшая добавки железа, продемонстрировала более высокое среднее значение памяти $-0,19$, по сравнению с контрольной группой $(-0,38)$. Эта разница, которая была статистически значимой ($p < 0,05$, t-критерий Стьюдента), указывает на то, что добавление железа привело к более быстрому обучению и улучшению пространственной памяти у мышей. Тенденция на графике показывает, что за 6 дней показатель памяти у экспериментальной группы постепенно повышался, в то время как у контрольной группы наблюдалась большая вариабельность и более низкие общие показатели памяти.

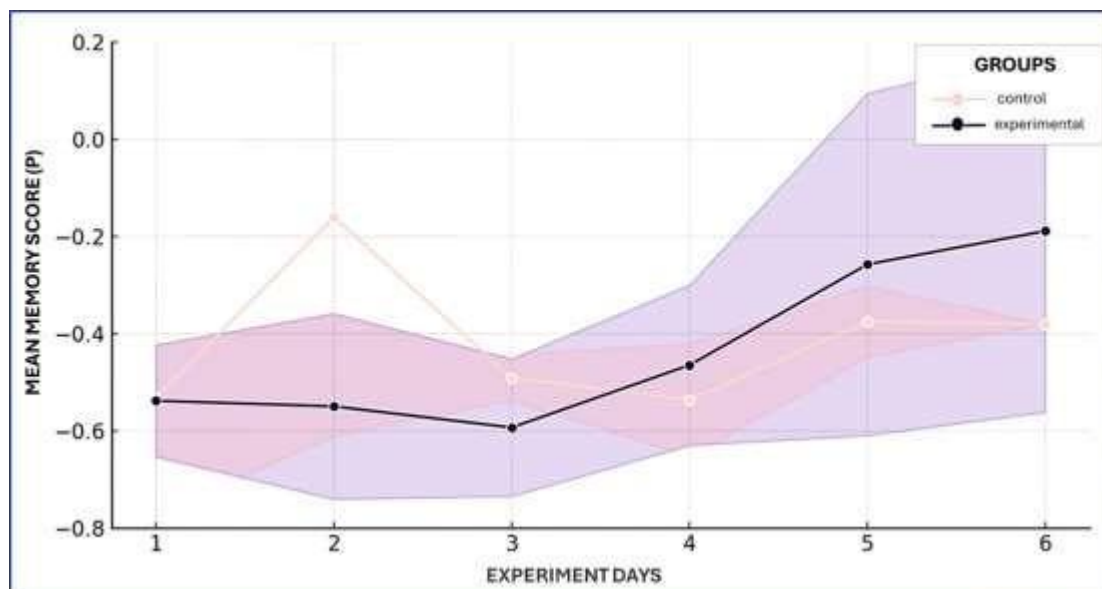


Рисунок 3. Динамика изменений среднего показателя памяти в группе 1 (контрольной) и группе 2 (экспериментальной)

На рисунке 4 показана динамика средних времен прохождения лабиринта в контрольной и экспериментальной группах на протяжении всего эксперимента. В экспериментальной группе среднее время прохождения снизилось с 322 секунд в первый день до 295 секунд на шестой день, что отражает 30% снижение. В сравнении, контрольная группа показала меньшее снижение, с 316 секунд до 305 секунд, что составляет 18% снижение. Это более значительное улучшение в экспериментальной группе указывает на улучшение пространственной ориентации и когнитивного картирования, подтверждая положительный эффект дополнения железа на когнитивные функции.

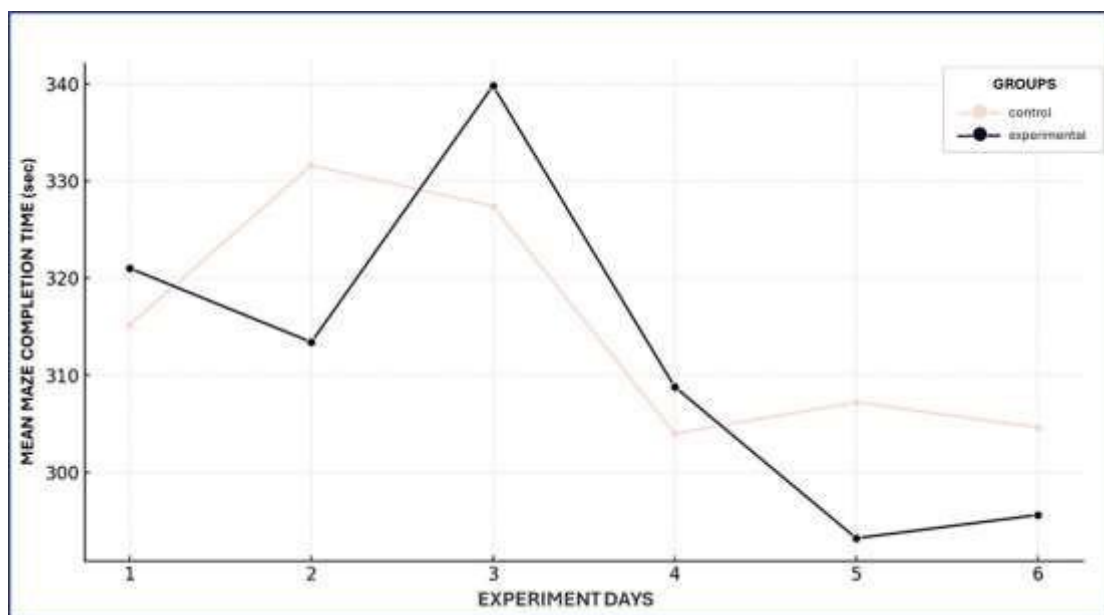


Рисунок 4. Динамика среднего времени прохождения лабиринта в группе 1 (контрольной) и группе 2 (экспериментальной)

Обсуждение

Текущее исследование на эффекты железа "Synthesit" на когнитивные функции в мышей выделяет что, после 5-дневного перерыва, экспериментальная группа продемонстрировала лучшее сохранение долгосрочной памяти, как подтверждается большим количеством правильных записей (среднее: 3.2) по сравнению с контрольной группой (среднее: 2.8). Этот вывод поддерживает гипотезу о том, что железо, важнейший компонент метаболизма мозга, усиливает нейронные связи, которые лежат в основе долгосрочной памяти. Кроме того, это согласуется с предыдущими исследованиями, показавшими, что дефицит железа ухудшает когнитивные функции у крыс. В модели дефицита железа у крыс было обнаружено, что ультраструктурное повреждение нейронов гиппокампа сохраняется до взрослого возраста, даже после раннего приема добавок железа (Barks, 2020). Экстраполяция этих результатов на людей требует дальнейших исследований; однако, существующие данные частично подтверждают наши выводы. Например, исследование на людях продемонстрировало улучшение внимания и памяти у женщин после коррекции железодефицитной анемии (Pivina et al., 2019).

В текущем исследовании добавки железа не только улучшили количество правильных заходов, но и снизили вариативность производительности. В частности, время прохождения лабиринта в экспериментальной группе уменьшилось на 30% (с 322 до 295 сек), что предполагает улучшение пространственной ориентации и когнитивной эффективности, по сравнению с 18% сокращением, наблюдаемым в контрольной группе (с 316 до 305 сек). Это более существенное сокращение времени прохождения лабиринта предполагает, что добавки железа улучшают скорость когнитивной обработки, что согласуется с улучшенным сохранением памяти. Эти результаты согласуются с другими данными, что добавки железа, при введении в соответствующих дозах и на соответствующих этапах развития, могут улучшить когнитивные функции, особенно память и скорость обработки. Эти преимущества, вероятно, опосредованы усилением регуляции нейротрансмиттерных систем, имеющих решающее значение для обучения и памяти. Однако положительные эффекты зависят от избежания как дефицита, так и перегрузки, и могут варьироваться в зависимости от возраста и пола (Shete et al., 2024). Предыдущие исследования показывают, что цитрат железа (Синтезит) может влиять на гематологические и иммунные маркеры, потенциально поддерживая производство

эритроцитов и снижая химио-терапевтическую нейропатию у пациентов (Kusnir & Baig, 2024). Такие системные

эффекты могут косвенно способствовать улучшению оксигенации мозга и метаболической активности, что способствует повышению когнитивных способностей.

Текущее исследование показывает, что хотя добавки железа могут улучшить когнитивные функции, избыток железа может быть токсичным. Отдельное исследование связало высокие дозы железа с нейротоксическими эффектами (D'Mello & Kindy, 2020). В текущем исследовании доза 50 мкг/день была специально подобрана для мышинного метаболизма и не привела к каким-либо заметным побочным эффектам в течение 6-дневного периода. Однако другое исследование на животных показало, что более высокие дозы цитрата железа (50-100 мг/кг) привели к накоплению железа в гиппокампе, нейровоспалению, и нарушению когнитивных и двигательных функций. Эти эффекты были связаны с протеомными изменениями, которые влияли на белки метаболизма железа, такие как рецептор трансферрина и DMT1 (транспортёр двухвалентных металлов 1) (Cui et al., 2024). У пациента с дислипидемией Synthesit первоначально снижал уровень холестерина, после чего наблюдался небольшой отскок, что подчеркивает потенциальные краткосрочные эффекты снижения липидов и необходимость дальнейшей долгосрочной оценки (Patrik & Shahbaz, 2024). Это позволяет предположить, что Synthesit также может влиять на метаболизм липидов, который все чаще признается фактором нейродегенеративных состояний и когнитивного снижения.

Малый размер выборки (10 мышей) снизил статистическую мощность. Эти результаты подтверждаются множеством масштабных клинических исследований на людях и экспериментальных работ на животных последних лет, показывающих, что добавки железа улучшают различные когнитивные функции, особенно память и интеллект. Эти совпадающие данные подчеркивают, что пренатальное назначение железа, индивидуализированное с учетом уровня гемоглобина матери и исходных запасов железа, способствует улучшению когнитивных функций у детей в возрасте 4 лет (Iglesias-Vázquez и др., 2023).

Ограничение исследования

Ограничения данного исследования включают небольшой размер выборки (10 мышей), что ограничивает обобщаемость полученных результатов, а также отсутствие исходных биохимических маркеров, что затрудняет возможность делать причинно-следственные выводы относительно улучшения когнитивных функций. Краткая продолжительность исследования (6 дней) и индивидуальная поведенческая вариабельность дополнительно ограничивают результаты. Кроме того, отсутствие механистических данных и возможные смешивающие факторы, такие как рацион и стрессовые воздействия окружающей среды, требуют дальнейшего изучения.

Заключение

Это исследование продемонстрировало, что железо "Synthesit" в дозе 50 мкг/день улучшает когнитивные функции у мышей штамма SHK, включая пространственную память и скорость обучения, что подтверждается результатами тестирования в восьмиплечем радиальном лабиринте. В экспериментальной группе наблюдалось больше правильных записей ($P = -0,19$ против $-0,38$ в контроле, $p < 0,05$), уменьшение лабиринта завершения времени (30% сокращение). Эти результаты показывают, что железо положительно влияет на память и связанные с обучением нейронные процессы, что согласуется с данными о коррекции дефицита железа. Дозировка была оптимальной, никаких побочных эффектов не наблюдалось, хотя отсутствие биохимических маркеров и короткая продолжительность исследования ограничивают возможности получения более глубокого понимания механизмов. Индивидуальная поведенческая изменчивость требует дальнейшего анализа. В целом, результаты подчеркивают потенциал цитрата

железа «Synthesit» для улучшения когнитивных функций, но для подтверждения его терапевтической ценности необходимы более масштабные и долгосрочные исследования с биохимическим анализом.

РЕЗУЛЬТАТЫ:

1. Экспериментальная группа, получавшая 50 мкг/сутки железа цитрата «Synthesit», показала статистически значимое улучшение пространственной памяти ($p < 0,05$): средний показатель памяти к 6-му дню составил -0,19 против -0,38 в контрольной группе.
2. Время прохождения лабиринта в экспериментальной группе сократилось на 30% (с 322 до 295 секунд), по сравнению с 18% в контрольной группе (с 316 до 305 секунд), что свидетельствует о более эффективной пространственной ориентации ($p > 0,05$).
3. Долговременная память после перерыва была лучше сохранена в экспериментальной группе (среднее количество правильных ответов: 3,2 против 2,8 в контрольной группе) ($p > 0,05$).

Благодарности

Не применимо

Финансирование

Не было получено финансирование

Вклад авторов

Байыр Домбаанай разработал концепцию исследования и написал рукопись. Роман Карабанов провел эксперименты, собрал и проанализировал данные. Шахбаз Баиг оказал статистическую поддержку, участвовал в интерпретации данных и предложил критические замечания

Раскрытие информации

Авторы декларируют отсутствие конфликтов интересов.

Ссылки источники

1. Möller HE, Bossoni L, Connor JR, Crichton RR, Does MD, Ward RJ, et al. Iron, Myelin, and the Brain: Neuroimaging Meets Neurobiology. *Trends in Neurosciences*. 2019;42(6):384-401.
2. Levi S, Ripamonti M, Moro AS, Cozzi A. Iron imbalance in neurodegeneration. *Molecular Psychiatry* 2024 29:4. 2024;29(4):1139-52.
3. Gao Q, Zhou Y, Chen Y, Hu W, Jin W, Zhou C, et al. Role of iron in brain development, aging, and neurodegenerative diseases. *Annals of Medicine*. 2025;57(1):2472871-.
4. Khattar N, Triebswetter C, Kiely M, Ferrucci L, Resnick SM, Spencer RG, Bouhrara M. Investigation of the association between cerebral iron content and myelin content in normative aging using quantitative magnetic resonance neuroimaging. *NeuroImage*. 2021;239:118267-.
5. Gutema BT, Sorrie MB, Megersa ND, Yesera GE, Yeshitila YG, Pauwels NS, et al. Effects of iron supplementation on cognitive development in school-age children: Systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*. 2023;18(6):e0287703-e.
6. Samson KLI, Fischer JAJ, Roche ML. Iron Status, Anemia, and Iron Interventions and Their Associations with Cognitive and Academic Performance in Adolescents: A Systematic Review. *Nutrients*. 2022;14(1):224-.
7. Yeboah FA, Bioh J, Amoani B, Effah A, Senu E, Mensah OSO, et al. Iron deficiency anemia and its association with cognitive function among adolescents in the Ashanti Region - Ghana. *BMC Public Health*. 2024;24(1):1-12.
8. Barks AK, Liu SX, Georgieff MK, Hallstrom TC, Tran PV. Early-Life Iron Deficiency Anemia Programs the Hippocampal Epigenomic Landscape. *Nutrients* 2021, Vol 13, Page 3857. 2021;13(11):3857-.

9. Bastian TW, von Hohenberg WC, Georgieff MK, Lanier LM. Chronic Energy Depletion due to Iron Deficiency Impairs Dendritic Mitochondrial Motility during Hippocampal Neuron Development. *Journal of Neuroscience*. 2019;39(5):802-13.
10. Wang Y, Wu Y, Li T, Wang X, Zhu C. Iron metabolism and brain development in premature infants. *Frontiers in Physiology*. 2019;10(APR):428141-.
11. Chen L, Shen Q, Liu Y, Zhang Y, Sun L, Ma X, et al. Homeostasis and metabolism of iron and other metal ions in neurodegenerative diseases. *Signal Transduction and Targeted Therapy* 2025 10:1. 2025;10(1):1-48.
12. MacLean B, Sholzberg M, Weyand AC, Lim J, Tang G, Richards T. Identification of women and girls with iron deficiency in the reproductive years. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*. 2023;162(S2):58-67.
13. Kusnir P, Bulgin D, Baig S. Iron citrate Synthesit: impact on blood parameters in non-iron deficient models. *Edelweiss Applied Science and Technology*. 2024;8(4):2331-47.
14. Chen Z, Yang H, Wang D, Sudfeld CR, Zhao A, Xin Y, et al. Effect of Oral Iron Supplementation on Cognitive Function among Children and Adolescents in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2022;14(24):5332-.
15. Dalkiran B, Açıkgöz B, Dayı A. Behavioral Tests Used in the Evaluation of Learning and Memory in Experimental Animals. *Journal of Basic and Clinical Health Sciences*. 2022;6(3):938-45.
16. Kohler J, Mei J, Banneke S, Winter Y, Endres M, Emmrich JV. Assessing spatial learning and memory in mice: Classic radial maze versus a new animal-friendly automated radial maze allowing free access and not requiring food deprivation. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2022;16:1013624-.
17. Gawel K, Gibula E, Marszalek-Grabska M, Filarowska J, Kotlinska JH. Assessment of spatial learning and memory in the Barnes maze task in rodents—methodological consideration. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* 2018 392:1. 2018;392(1):1-18.
18. Beard JL, Connor JR. Iron status and neural functioning. *Annual Review of Nutrition*. 2003;23(Volume 23, 2003):41-58.
19. Lane-Petter W. Protection of Laboratory Animals. *British Medical Journal*. 1950;2(4688):1114.
20. Lebedeva A, Gerasimova SA, Yashanova MI, Naumov AV, Ivanov AA, Karchkov DA, et al. A Method for Assessing Working Memory in Rats Using Controlled Virtual Environment. *Sovremennye Tehnologii v Medicine*. 2024;16(3):12-22.
21. Barks AK. The effect of developmental iron deficiency on gene expression, TET proteins, and DNA hydroxymethylation in the rodent brain A DISSERTATION SUBMITTED TO THE FACULTY OF THE UNIVERSITY OF MINNESOTA: University Digital Conservancy; 2020.
22. Pivina L, Semenova Y, Doşa MD, Dauletyarova M, Björklund G. Iron Deficiency, Cognitive Functions, and Neurobehavioral Disorders in Children. *Journal of Molecular Neuroscience*. 2019;68(1):1-10.
23. Shete PA, Ghatpande NS, Varma ME, Joshi PV, Suryavanshi KR, Misar AV, et al. Chronic dietary iron overload affects hepatic iron metabolism and cognitive behavior in Wistar rats. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2024;84:127422-.
24. Kusnir P, Baig S. The Neuropathy as an Adverse Effect of Chemotherapy Diminished After Administration of Dietary Supplement with Iron Citrate – Case Study. *Futurity Medicine*. 2024;3(3).
25. D'Mello SR, Kindy MC. Overdosing on iron: Elevated iron and degenerative brain disorders. *Experimental Biology and Medicine*. 2020;245(16):1444-73.
26. Cui L, Zhou H, Hao Y, Yang X, Li Z, Gao Y, et al. Effect of ferric citrate on hippocampal iron accumulation and widespread molecular alterations associated with cognitive disorder in an ovariectomized mice model. *CNS Neuroscience & Therapeutics*. 2024;30(9):e70018-e.
27. Patrik K, Shahbaz B. Effect of the Synthesit Dietary Supplement on Serum Cholesterol Levels. *Journal of University Medical & Dental College*. 2024;15(4).
28. Iglesias-Vázquez L, Voltas N, Hernández-Martínez C, Canals J, Coronel P, Gimeno M, et al. Importance of Maternal Iron Status on the Improvement of Cognitive Function in Children After Prenatal Iron Supplementation. *American Journal of Preventive Medicine*. 2023;65(3):395-405.