

обусловленных факторами ожога, так и медицинскими факторами в структуре оказания помощи.

2. Симптомы вовлечения ЦНС на этапе нахождения в стационаре продемонстрировали только 58,8% детей исследуемой группы.

3. Необходима разработка критериев ожоговой энцефалопатии как в остром периоде травмы, так и с целью отслеживания состояния ЦНС на более поздних этапах жизни ребенка.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Карваял Х.Ф. Ожоги у детей. Перевод с английского языка / Х.Ф. Карваял, Д.Х. Паркс. – М.: Медицина, 1990. – 510 с.
2. Ковтун О.П. Клинические проявления ожоговой энцефалопатии у детей в острый период / О.П. Ковтун, О.А. Львова, Е.А. Орлова // Сборник материалов XI конгресса педиатров России «Актуальные проблемы педиатрии». – М.: ГЭОТАР-МЕДИА, 2005. – С.313–314.
3. Львова О.А., Гузева В.И. Ожоговая энцефалопатия у детей // В кн. Федеральное руководство по детской неврологии / под ред. профессора Гузевой В.И. – Москва: ООО «МК», 2016. – С. 378 – 382.
4. Pathological changes in the brain after peripheral burns / J. Chen, D. Zhang, J. Zhang, Y. Wang // Burns Trauma. – 2023 – Vol. 11, tkac061 – P. 1–12.
5. Нарушение деятельности головного мозга у пострадавших с тяжелой ожоговой травмой / О.В. Орлова, Л.П. Пивоварова, И.В. Осипова, О.Б. Арискина // Скорая медицинская помощь. – 2020. – № 3. – С. 48–53.
6. Use of extracorporeal membrane oxygenation in children with burn injury: Case report and literature review / Y. Wang, K. Deng, J. Qian, L. Tan // *Medicine (Baltimore)*. – 2023. – № 102(24) – P. 1–5.
7. The Early Childhood Development of Pediatric Burn Patients / M.D. Cuijpers, M. Akkerman, M.G.A. Baartmans, [et al.] // *Eur. Burn J.* – 2024. – №5 – P. 145–154.

Сведения об авторах

М.М. Смирнова* – ординатор

О.А. Воронова – студент

О.А. Львова – доктор медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник

Ф.Н. Брезгин – кандидат медицинских наук, доцент

П.В. Салистый – врач

Information about the authors

M.M. Smirnova* – Postgraduate student

O.A. Voronova – Student

O.A. Lvova – Doctor of sciences (Medicine), Associate Professor, Leader Researcher,

F.N. Brezgin – Candidate of Sciences (Medicine), Associated Professor

P.V. Salisty – Doctor

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

jekyllstincture@gmail.com

УДК: 616.8–092

ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ НЕЙРОВосПАЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Сотников Михаил Андреевич¹, Липодат Юстина Вадимовна¹, Мазеева Мария Андреевна^{1,2}, Нестерова Марина Валентиновна^{1,2}

¹Кафедра неврологии и нейрохирургии

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России

²Федеральное бюджетное учреждение науки «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора (ФБУН «ЕМНЦ ПОЗРПП» Роспотребнадзора)

Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. Одним из самых быстроразвивающихся направлений в мировой экономике 21 века стало внедрение нанотехнологий во многие производственные сферы. С одной стороны, использование новых материалов перспективно во многих производственных отраслях, а с другой, требует повышенного внимания, в том числе с точки зрения медицины. Так, накопился достаточно большой массив данных о потенциальной опасности наночастиц для организма человека. **Цель исследования** – изучение современных представлений о механизмах цитотоксичности металлосодержащих наночастиц (НЧ) и их воздействия на нервную систему. **Материал и методы.** Проведен анализ отечественных и зарубежных исследований с использованием электронного архива УГМУ и поисковой системы PubMed и Cyberleninka. **Результаты.** К наноматериалам относят объекты, в составе которых содержатся элементы, по линейным размерам в любой плоскости, не превышающие 100 нанометров.

Они обладают более высокой площадью активной поверхности относительно общего объема, что способствует их накоплению в различных органах и тканях. Основными структурами центральной нервной системы (ЦНС), накапливающие свинец, является кора и гиппокамп. Особый интерес представляет роль наночастиц в индукции нейровоспаления. В ходе ряда исследований было установлено, что наночастицы свинца способны вызывать окислительный стресс в пораженных клетках, вызывая дисбаланс между антиоксидантной системой и свободно–радикальным окислением, а также способствовать выработке провоспалительных цитокинов. **Выводы.** Металлосодержащие наночастицы ввиду особенностей своих физико– химических свойств, обладают более выраженной биологической агрессивностью в сравнении с их аналогами микрометрового диапазона. Одним из предполагаемых механизмов цитотоксичности наночастиц металлов является индукция окислительного стресса за счет образования активных форм кислорода ионами металлов внутри клетки– мишени. Необходимо проведение дальнейших исследований молекулярно– клеточных механизмов воздействия металлосодержащих наночастиц на органы– мишени для разработки эффективных методов профилактики их токсического воздействия, а также принципов гигиенического нормирования.

Ключевые слова: нейровоспаление, наночастицы, свинец

PATHOGENETIC MECHANISMS OF NEUROINFLAMMATION INDUCED BY METAL–CONTAINING NANOPARTICLES (LITERATURE REVIEW)

Sotnikov Mikhail Andreevich¹, Lipodat Yustina Vadimovna¹, Mazeeva Maria Andreevna^{1,2}, Nesterova Marina Valentinovna^{1,2}

¹Department of Neurology and Neurosurgery

Ural State Medical University

²Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Rospotrebnadzor

Yekaterinburg, Russia

Abstract

Introduction. One of the fastest– growing sectors of the global economy in the 21st century is the integration of nanotechnology into various industrial fields. While the use of novel materials holds significant promise for numerous industries, it also demands heightened attention, particularly from a medical perspective. A substantial body of data has accumulated regarding the potential hazards of nanoparticles (NPs) to human health. **The aim of this study** is to explore current understanding of the mechanisms underlying the cytotoxicity of metal– containing nanoparticles and their impact on the nervous system. **Material and methods.** The study involved an analysis of domestic and international research using the electronic archive of USMU (Ural State Medical University) and the search systems PubMed and Cyberleninka. **Results.** Nanomaterials are defined as objects containing elements with linear dimensions not exceeding 100 nanometers in any plane. Due to their high surface– area– to– volume ratio, NPs tend to accumulate in various organs and tissues. Key structures of the central nervous system (CNS) that accumulate lead nanoparticles include the cerebral cortex and hippocampus. Of particular interest is the role of NPs in inducing neuroinflammation. Several studies have demonstrated that lead nanoparticles can trigger oxidative stress in affected cells, disrupting the balance between the antioxidant system and free– radical oxidation, while also promoting the production of pro– inflammatory cytokines. **Conclusions.** Metal– containing nanoparticles exhibit greater biological aggressiveness compared to their micrometer– sized counterparts, owing to their unique physicochemical properties. One proposed mechanism of their cytotoxicity involves the induction of oxidative stress through the generation of reactive oxygen species by metal ions within target cells. Further research into the molecular and cellular mechanisms of metal– containing nanoparticle effects on target organs is essential to develop effective strategies for preventing their toxic impact and establishing hygienic regulation standards.

Keywords: neuroinflammation, nanoparticles, lead

ВВЕДЕНИЕ

Одним из самых быстроразвивающихся направлений в мировой экономике 21 века стало внедрение нанотехнологий во многие производственные сферы. Порошки наноразмерных фракций применяются при изготовлении сплавов, а также изделий сложной формы, в микроэлектронике, медицине и биотехнологии. Также важно отметить, что образование наночастиц (НЧ) является сопутствующим фактором уже существующих методик и технологий, например в металлургической промышленности. Особенно широкое применение находят искусственные металлические и металло– оксидные наночастицы, аналоги которых образуются при различных пирометаллургических, химических и сварочных технологических процессах.

С одной стороны, использование новых материалов перспективно во многих производственных отраслях, а с другой, требует повышенного внимания, в том числе с точки

зрения медицины. Так накопился достаточно большой массив данных о потенциальной опасности НЧ для организма человека.

Цель исследования – изучение современных представлений о механизмах цитотоксичности металлосодержащих наночастиц и их воздействия на нервную систему.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведен анализ отечественных и зарубежных исследований с использованием электронного архива УГМУ и поисковой системы PubMed и Cyberleninka.

РЕЗУЛЬТАТЫ

К наноматериалам относят объекты, в составе которых содержатся элементы, по линейным размерам в любой плоскости, не превышающие 100 нанометров [1]. Они обладают более высокой площадью активной поверхности относительно общего объема, что способствует их накоплению в различных органах и тканях [2]. Также многие авторы отмечают более выраженную биологическую агрессивность наночастиц, по сравнению с частицами микрометрового диапазона [2,3,4]. Цитотоксичность наночастиц переменна и зависит от их физико– химических свойств: формы, размеры, поверхностного заряда, состава и химической стабильности. Также влияние оказывает доза поглощенных частиц, путь их введения и свойства органов и тканей, где они накапливаются [5].

Одним из обсуждаемых факторов токсичности является способность внутриклеточного высвобождения ионов металла из наночастиц. Даже если материал классифицируется как нерастворимый в воде, в форме НЧ он может стать растворимым. Так, ряд авторов отмечает значительное высвобождение ионов свинца из НЧ, суспендированных в определенных буферных растворах. Во многих случаях клеточная мембрана препятствует проникновению внеклеточных ионов металлов в клетку, однако наночастицы часто поглощаются клетками путем фагоцитоза, их внутриклеточное высвобождение приводит к накоплению ионов внутри клетки. Внутри клеток ионы металлов могут взаимодействовать с биомолекулами, регулируя их активность, что приводит к изменению клеточного метаболизма.

С точки зрения неврологии, одним из наиболее важных свойств наночастиц является их способность проникновения через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) и их негативное влияние на центральную нервную систему (ЦНС). На данный момент не существует единой концепции проникновения НЧ в ЦНС. Так, результаты многих исследований показали, что НЧ при интраназальном введении могут достигать головного мозга путем центростремительного ольфакторного транспорта с накоплением большого количества НЧ в обонятельных луковицах [6,7]. Результаты других исследований показали накопление НЧ в цитоплазме перicyтов, что указывает на механизм транслокации НЧ через ГЭБ [8].

В результате проведения большого количества исследований было установлено, что введение наночастиц свинца вызывает торможение нервной системы и угнетение реакций. В связи с этим крайне важно определить патогенез воздействия наночастиц, в частности, наночастиц свинца, на нервную ткань для определения уровня их безопасности для живого организма и установления способов профилактики их вредного воздействия на производствах.

Свинец – токсичный металл, который широко применяется в различных отраслях промышленности. Массово он добывается для производства свинцово– кислотных аккумуляторов в автомобилестроении ввиду химической стабильности и низкой стоимости таких батарей. Соединения свинца также применяются для изготовления красителей, керамики, боеприпасов, взрывчатых смесей, а также для радиационной защиты в рентгеновских установках и ядерных реакторах [9].

Работники предприятий, изготавливающих данные изделия, в процессе трудовой деятельности регулярно подвергаются воздействию этого вещества с необратимыми последствиями для своего здоровья. Свинец проникает в организм, в первую очередь, посредством вдыхания паров металла и потребления загрязненных продуктов пищи и воды. Ионы свинца (Pb^{2+}) ингибируют путь синтеза порфирина, связываясь с тиоловыми группами и подавляя активность ферментов [10]. Ингибирование активности ферментов, связанных с синтезом гема, таких как дельта– аминолевулинатдегидратаза, дельта–

аминолевулинатсинтаза и феррохелатаза, может вызывать анемию. Кроме того, сообщалось о генотоксичности и индукции окислительного стресса соединениями свинца через генерацию активных форм кислорода (АФК).

Основными структурами ЦНС, накапливающие свинец, является кора и гиппокамп. На данный момент, существует несколько патологических механизмов влияния НЧ свинца на нервную систему. Ряд авторов отмечает их генотоксический эффект. Из-за своего размера наночастицы сравнительно легко проходят через ядерные поры и проникают внутрь ядра клетки, оказывая влияние на генетический материал в его составе. Установлено, что такие частицы вызывают дефрагментацию ДНК посредством непосредственного воздействия на нее или на протеины, с ней связанные [11,12,13]. Гистоморфологически это проявляется кариопикнозом с уменьшением размера ядер клеток, потерей ядрышка, конденсацией хроматина. Помимо этих изменений на гистологических срезах нервной ткани также наблюдали очаговый гиперхроматоз цитоплазмы нейронов, периваскулярный и периваскулярный отек [14]. Не во всех экспериментах данные морфологические признаки нейронального повреждения сопровождалась клинической симптоматикой. Но учитывая способность наночастиц к накоплению, можно предположить, что высока вероятность развития отдаленных эффектов их генотоксического воздействия.

Другим важным аспектом патогенеза поражения нервной ткани НЧ свинца является их воздействие на миелин. Рядом авторов было установлено, что накопление наночастиц свинца в нервной системе крыс приводит к повреждению миелиновой оболочки нервных волокон: обнаруживаются множественные кратерные отверстия различного диаметра и участки расслоения [15,16,17]. Очаговая демиелинизация ЦНС может привести к широкому спектру неврологических расстройств вследствие нарушений передачи нервного импульса.

Особый интерес представляет роль наночастиц в индукции нейровоспаления. В ходе ряда исследований было установлено, что наночастицы свинца способны вызывать окислительный стресс в пораженных клетках, вызывая дисбаланс между антиоксидантной системой и свободно-радикальным окислением, а также способствовать выработке провоспалительных цитокинов. Так, в одном из исследований изучали активность антиоксидантных ферментов в клетках гиппокампа крыс в ответ на введение НЧ сульфида свинца. Был зафиксирован дозозависимый эффект между введением НЧ и повышением содержания в гиппокампальных клетках активных форм кислорода и малонового диальдегида, как маркеров острого окислительного стресса [18]. Также в данном исследовании отмечали повышение активности антиоксидантных ферментных систем, таких как супероксиддисмутаза (SOD), глутатионпероксидаза (GSH-Px) и каталаза (CAT) в ответ на поступление НЧ, однако, при увеличении концентрации НЧ наблюдали угнетение активности данных защитных систем, что может говорить о способности НЧ в высоких дозах угнетать антиоксидантную защиту клеток. Также в пользу окислительного механизма повреждения клеток НЧ говорит повышение экспрессии ядерного транскрипционного фактора NRF2, отвечающего за активацию эндогенного пути антиоксидантного ответа в ответ на поступление НЧ [19]. Некоторые авторы отмечают увеличение содержания интерлейкина-1 бета ($IL-1\beta$), интерлейкина-8 ($IL-8$) и фактора некроза опухолей альфа (TNF- α), в клетках, накапливаемых НЧ свинца [18,19].

Стоит отметить, что в процесс нейровоспаления вовлекаются многие клеточные элементы нервной ткани, отношения между которыми регулируются большим количеством клеточных контактов и сигнальных молекул. Именно по причине наличия сложных механизмов регуляции и тесного взаимодействия различных компонентов нервной ткани, необходимо рассматривать процесс развития нейровоспалительной реакции в ответ на действие внешних факторов в рамках концепции нейроваскулярной единицы. Нейроваскулярная единица – это функционально-структурная система, первостепенной задачей которой, является поддержание гомеостаза микроокружения нервных клеток. При нормальной работе всех звеньев данной системы, нейроны обеспечиваются трофическим субстратом в количестве, адекватном его функциональной активности. Таким образом, одной

из задач, которую выполняет нейроваскулярная единица – это метаболическая оптимизация функционирования отдельных нейронных групп, что на большем уровне отражается в виде нормальной работы ЦНС.

Рассмотрим некоторые элементы нейроваскулярной единицы и их взаимовлияние в рамках развития воспаления. Ведущую роль в развитии нейровоспаления играет активация микроглиоцитов. Под воздействием активирующих субстратов данные клетки способны секретировать ряд провоспалительных молекул. Так, например, по данным литературы, в ответ на внешнее воздействие регистрировалась секреция клетками микроглии монооксида азота, TNF- α , IL-1 β , простагландина E2 и реактивных форм кислорода. Продуцируемые активированными микроглиоцитами провоспалительные молекулы в свою очередь, помимо негативного влияния на нейроны, влияют на проницаемость ГЭБ и активацию других клеток. Известно, что в очагах активации микроглии под влиянием медиаторов воспаления происходит дестабилизация плотных контактов между эндотелиоцитами, что приводит к повышению проницаемости ГЭБ. Сами эндотелиоциты сосудов мозга имеют свои особенности. Большое количество митохондрий, по сравнению с периферическими сосудами, обуславливает из повышенную чувствительность к окислительному стрессу. Помимо этого, важной особенностью является возможность активации эндотелиальных клеток медиаторами с обеих сторон ГЭБ. Активированные клетки эндотелия синтезируют простагландины и монооксид азота, что также приводит к повышению проницаемости ГЭБ и поддержанию активации микроглии. Повышенная секреция селектинов способствует проникновению в паренхиму мозга иммунокомпетентных клеток.

Другим звеном нейроваскулярной единицы являются перициты. Данные клетки играют ведущую роль в регуляции проницаемости ГЭБ, скорости кровотока и элиминации токсических метаболитов из нервной ткани. Перициты реагируют на процессы нейровоспаления продукцией собственных хемокинов, что также способствует развитию воспаления, и повышением проницаемости ГЭБ с инфильтрацией циркулирующими в кровеносном русле иммунными клетками паренхимы головного мозга, а также развитием хронической гипоперфузии. В свою очередь, инфильтрирующие нервную ткань лимфоциты оказывают стимулирующее воздействие на микроглию, усиливая процессы нейровоспаления.

Другим важным элементом нейроваскулярной единицы являются астроциты. Астроциты – самые распространенные клетки глии, обеспечивающие метаболическую, структурную и трофическую поддержку нейронов т.е. стабилизируют нейрональное микроокружение. Посредством многочисленных рецепторов и транспортных молекул, расположенных на мембранах астроцитов, эти клетки регулируют синаптическую передачу многих нейротрансмиттеров и внеклеточную ионную среду. При воздействии повреждающих факторов происходит гипертрофия и увеличение количества астроцитов – астроглиоз. При активации астроциты продуцируют большое количество нейротропных факторов, например фактора роста нервов (NGF), которые необходимы для нейропротекции. Однако в литературе описана возможность функционирования астроцитов, как иммунокомпетентных клеток. Так, IL-1, продуцируемый активированной микроглией инициирует синтез IL-1, IL-6, TNF- α и других провоспалительных факторов астроцитами, а также ингибирует поглощение астроцитами глутамата, что приводит к его накоплению во внеклеточной среде и формированию сверхвозбужденных нейронов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что такое количество тесно взаимосвязанных структур с тонкой регуляцией и большим количеством петель обратной связи, как нейроваскулярная единица, при воздействии повреждающего агента может приводить к персистенции нейровоспаления за счет того, что каждый элемент системы может поддерживать и развивать данный процесс, что ведет к формированию самоподдерживающегося воспалительного каскада. Нейровоспаление же в свою очередь за счет формирования локальных очагов ишемии, изменения внеклеточной среды и прямого цитотоксического воздействия приводит к изменению метаболизма нейронов, развитию дистрофических процессов, а позднее к гибели нейронов [20].

ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение цитотоксичности наночастиц различных металлов показало схожесть патогенеза повреждения клеток, в частности, способность вызывать каскад окислительных реакций.

Можно предположить, что хроническое поступление НЧ свинца и других металлов в организм за счет внутриклеточного высвобождения ионов индукции окислительного стресса может являться причиной развития хронического нейровоспалительного процесса. Воспаление же, как общепатологический процесс, может являться патоморфологическим субстратом для многих нейродегенеративных заболеваний.

Учитывая данные о более выраженной биологической агрессивности НЧ, в сравнении с частицами той же природы микрометрового спектра, а также данных о способности физиологических механизмов защиты противодействовать им, необходимы дальнейшие исследования токсикокинетических особенностей НЧ, разработки эффективных мер профилактики их негативного влияния, а также принципов гигиенического нормирования.

ВЫВОДЫ

1. Металлосодержащие наночастицы ввиду особенностей своих физико– химических свойств, обладают более выраженной биологической агрессивностью в сравнении с их аналогами микрометрового диапазона.

2. Одним из предполагаемых механизмов цитотоксичности наночастиц металлов является индукция окислительного стресса за счет образования активных форм кислорода ионами металлов внутри клетки– мишени.

3. Необходимо проведение дальнейших исследований молекулярно– клеточных механизмов воздействия металлосодержащих наночастиц на органы– мишени для разработки эффективных методов профилактики их токсического воздействия, а также принципов гигиенического нормирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ некоторых результатов экспериментального изучения токсикологии наночастиц с позиций гигиенического нормирования / Б.А. Кацнельсон, Л.И. Привалова, Т.Д. Дегтярева [и др.] // Уральский медицинский журнал. – 2011. – №09(87). – С. 35– 38.
2. Кашуба, Н.А. О подходах к оценке влияния наночастиц на организм человека / Н.А. Кашуба // Гигиена и санитария. – 2020. – №99(5). – С. 443– 447.
3. Основные результаты токсикологических экспериментов «ин vivo» с некоторыми металлическими и металло– оксидными наночастицами / Б.А. Кацнельсон, Л.И. Привалова, М.П. Сутункова [и др.] // Токсикологический вестник. – 2015. – №3(132). – С. 26– 35.
4. Сутункова, М.П. Экспериментальное изучение токсического действия металлосодержащих наночастиц на предприятиях черной и цветной металлургии и оценка риска для здоровья работающих / М.П. Сутункова // Гигиена и санитария. – 2017. – №96(12). – С. 1182– 1187.
5. Безопасность наночастиц и наноматериалов для окружающей и производственной среды / А.И. Потапов, В.Н. Ракицкий, А.В. Тулакин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – №3. – С. 8– 12.
6. Токсическая оценка наночастиц оксида свинца после интраназального введения крысам / А.В. Тажигулова, Р.Ф. Минигалиева, Ю.М. Сутункова, Р.Р. Сахаутдинова // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: материалы VII Международной научно– практической конференции молодых учёных и студентов, Екатеринбург, 17– 18 мая 2022 г. – Екатеринбург: УГМУ, 2022. – С. 841– 848.
7. Шеломенцев, И.Г. Особенности проникновения наночастиц оксида свинца в головной мозг крысы / И. Г. Шеломенцев, Л. А. Амромин, А. В. Тажигулов // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: материалы VII Международной научно– практической конференции молодых учёных и студентов, Екатеринбург, 17– 18 мая 2022 г. – 2022. – С. 876– 881.
8. Sub– chronic inhalation of lead oxide nanoparticles revealed their broad distribution and tissue– specific subcellular localization in target organs / J. Dumkova, T. Smutha, L. Vrlikova [et al.] // Part Fibre Toxicol. – 2017. – № 14(1). – P. 55.
9. An overview of experiments with lead– containing nanoparticles performed by the Ekaterinburg nanotoxicological research team / I. A. Minigaliyeva, M. P. Sutunkova, V. B. Gurvich [et al.] // Nanotoxicology. – 2020. – № 14(6). – P. 788– 806.
10. Медицина труда при производстве и обработке сплавов на основе меди / О.Ф. Рослый, А.А. Федорук, В.О. Рузаков [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – №10. – С. 9– 13.
11. Влияние наночастиц различной природы на морфофункциональное состояние и жизнеспособность нормальных и трансформированных клеток в культуре / Т. Р. Султанова, М. О. Тонкушина, М. В. Улитко, И. Г. Данилова // Клеточные технологии – практическому здравоохранению : материалы X межрегиональной научно– практической конференции, 26 ноября 2021 г. / под общей редакцией проф. С. В. Сазонова. – Екатеринбург: Вестник Уральской медицинской академической науки, 2021. – С. 29– 35.
12. Генотоксический эффект воздействия некоторых элементарных или элементарнооксидных наночастиц и его ослабление комплексов биопротекторов / М.П. Сутункова, О.Г. Макеев, Л.И. Привалова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2018. – №11. – С. 10– 16.

13. Генотоксический эффект воздействия элементарных или элементарнооксидных наночастиц и подходы к его биологической профилактике / Б. А. Кацнельсон, М. П. Сутункова, О. Г. Макеев [и др.] // Опасность, оценка и управление канцерогенными рисками: материалы VI Всероссийского симпозиума с международным участием, Екатеринбург, 07–08 июня 2018 г.; под ред. В. Б. Гурвича. – Екатеринбург: Изд-во ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 2018. – С.66–67.
14. Особенности вредного сочетанного действия свинца и физической нагрузки на показатели состояния головного мозга крыс и эффект биопрфилактики / К. М. Никогосян, Ю. В. Рябова, А. К. Кунгурцева, Е.М. Петрунина // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения : Сборник статей IX Международной научно– практической конференции молодых ученых и студентов, 17– 18 апреля 2024 г. Т. 1. – Екатеринбург: УГМУ, 2024. – С. 501– 505.
15. Амромин, Л. А. Влияние наночастиц оксида свинца на состояние миелиновых оболочек мозга крыс / Л. А. Амромин, И. Г. Шеломенцев, А. В. Тажигулова // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: материалы VII Международной научно– практической конференции молодых учёных и студентов, Екатеринбург, 17– 18 мая 2022 г. – Екатеринбург: УГМУ, 2022. – С. 601– 605.
16. Исследование нейротоксических эффектов наночастиц оксида свинца у крыс после субхронической интраназальной экспозиции / И. П. Ющенко, И. Г. Шеломенцев, Ю. В. Рябова, С. В. Клинова. // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: сборник статей VIII Международной научно– практической конференции молодых учёных и студентов, Екатеринбург, 19– 20 апреля 2023 г. – Екатеринбург: УГМУ, 2023. – С. 962– 968.
17. Рузаков, В. О. Подходы к гигиенической оценке промышленных аэрозолей сложного состава с содержанием наночастиц при плавке меди: диссертация кандидата медицинских наук / Рузаков Вадим Олегович. – Екатеринбург, 2023. – 142 с.
18. Proinflammatory response caused by lead nanoparticles triggered by engulfed nanoparticles / K. Shimizu, M. Horie, Y. Tabei, S. Kashiwada. // Environ toxicol. – 2021. – №36(10). – С. 2040– 2050.
19. Activation of Nrf2 by lead sulfide nanoparticles induces impairment of learning and memory/ Y. Cao, D. Wang, Q. Li [et al.] // Metallomics. – 2020. – № 12(1). – P. 34– 41.
20. Сергеева, Т.Н. Роль альфа– синуклеина в механизмах сопряжения процессов нейровоспаления и нейродегенерации в черной субстанции мозга крыс: специальность 03.03.04 «Клеточная биология, цитология, гистология» : диссертация кандидата биологических наук / Сергеева Татьяна Николаевна; Удмуртский государственный университет. – Ижевск, 2014. – 158 с.

Сведения об авторах

М.А. Сотников – студент

Ю.В. Липодат* – студент

М.А. Мазеева – ординатор

М.В. Нестерова – доктор медицинских наук, профессор

Information about the authors

M.A. Sotnikov – Student

Y.V. Lipodat* – Student

M.A. Mazeeva – Postgraduate student

M.V. Nesterova – Doctor of Sciences (Medicine), Professor

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

y.biscuit8@mail.ru

УДК 616.8

ОЦЕНКА КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ У ДЕТЕЙ С НАЗАЛЬНОЙ ОБСТРУКЦИЕЙ ДО И ПОСЛЕ ТЕРАПИИ

Тантлевская Анна Андреевна¹, Усенко Полина Александровна¹, Черепанова Дарья Сергеевна¹, Бабин Тимофей Викторович²

Кафедра неврологии и нейрохирургии

¹ФГБОУ ВО «Уральский Государственный Медицинский Университет» Минздрава России

²Детская городская больница № 8

Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. Синуситы и риниты часто сопровождаются нарушениями когнитивных функций, в основе которых, вероятно, лежит реорганизация нейронных сетей, участвующих в процессах внимания и мышления. **Цель исследования** – оценить влияние носовой обструкции на когнитивные функции пациентов детского возраста. **Материал и методы.** Ретроспективное анонимное анкетирование 94 пациентов детского возраста с клиническими проявлениями носовой обструкции, возрастом до 15 лет, на базе детской городской больницы № 8, Свердловская область. **Результаты.** Нами были опрошены 94 ребенка от 1 года до 15 лет, наблюдающихся у аллерголога или оториноларинголога, и их родители. У 65 детей (69,1%) выявлялись симптомы носовой обструкции, из них у 10,8% она приобрела постоянный характер. По результатам опроса большинство детей и их родителей отмечают «заложенность носа» на протяжении 1– 5 лет (81,5%), при этом 67,7% обозначают преимущественно весенне– осенний период обострений. Среди детей, у которых отмечается затруднение носового дыхания, трудности с запоминанием информации возникли у 47,7%. У 15,4% детей замечалась сложность запоминания имен сверстников или родственников, а 9,2% родителей определяют затруднение с названием предметов у своих детей (от 1 года до 5 лет). Также 33,8% детей определяли снижение концентрации