

СИСТЕМА МАТЬ-ПЛАЦЕНТА- ПЛОД В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ У КРЫС С РАЗЛИЧНОЙ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ
СТРЕСС-УСТОЙЧИВОСТЬЮ

Т.П. ЗАЙНАЕВА, С.Б. ЕГОРКИНА

*ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия»,
ул. Коммунаров, 281, Ижевск, Удмуртская республика, Россия, 426034*

Аннотация. Проведено исследование по изучению влияния техногенного вращающегося электрического поля низкой частоты на морфо-физиологическое состояние системы «мать-плацента-плод» у крыс с учетом их индивидуальной устойчивости к стрессу. В работе показано, что у экспериментальных животных воздействие техногенного вращающегося электрического поля вызывает изменение уровня гормонов стресса (кортикостероидов и катехоламинов) в плазме крови и морфологические перестройки в фетоплацентарном комплексе. Достоверное повышение содержания 11- оксикортикостероидов отмечалось только у стресс-предрасположенных самок. Изменение содержания катехоламинов при действии вращающегося электрического поля имело разнонаправленный характер, достоверно увеличивалось у стресс-неустойчивых животных, и снижалось у стресс-устойчивых особей. Результаты патоморфологического исследования последов у опытных животных показали уменьшение массы и площади плацент, увеличение межворсинчатого пространства (лакун) плодовой части последов по сравнению с контролем, а также наличие единичных крупных узлов трофобласта, стаз крови в лакунах. При этом наиболее выраженные структурные изменения в последах наблюдались у стресс-устойчивых особей. Увеличение общей эмбриональной смертности и снижение массы плодов при воздействии техногенного вращающегося электрического поля наиболее выражено у стресс-неустойчивых особей и может свидетельствовать о функциональной несостоятельности фетоплацентарного комплекса.

Ключевые слова: система «мать-плацента-плод», техногенное вращающееся электрическое поле, стресс.

THE SYSTEM MOTHER-PLACENTA-FETUS IN THE TECHNOGENEOUS ROTATING ELECTRIC
FIELD IN RATS WITH VARIOUS PROGNOSTIC STRESS RESISTANCE

T.P. ZAJNAJEVA, S.B. YEGORKINA

Izhevsk State Medical Academy, Kommunarov str., 281, Izhevsk, Udmurtskaya Republic, Russia, 426034

Abstract. The study of the low-frequency technogeneus rotating electric field (REF) impact on the morphological and physiological conditions of the mother-placenta-fetus system in rats was carried out taking into account their individual stress resistance. The research has showed that the experimental animals under the technogeneus REF had marked changes in stress hormone levels (corticosteroids and catecholamines) in the blood plasma and had morphological restructuring in the fetoplacental complex. The reliable increase in 11-oxocorticosteroids was marked only in stress predisposed female rats. The catecholamine contents change under the REF was of a multidirectional character and increased in stress-non-resistant animals while decreasing in the stress resistant ones. The pathomorphological study of the afterbirth in experimental rats showed the decrease in the placenta mass and area, the increase in the inter-villous lacuna of the fetal afterbirth parts compared with the control group. Moreover there were singular big trophoblast nodes and blood stases in the lacunes. The most marked structural changes in the afterbirth were revealed in the stress-resistant species. The increase in general embryonic mortality and the decrease in the fetus mass under the technogeneus REF are the most evident in the stress-non-resistant rats and may indicate the functional deficiency of the fetoplacental complex.

Key words: mother-placenta-fetus system, rotating electric field, stress.

Современное развитие общества характеризуется интенсивным использованием электрической и электромагнитной энергии, что приводит к увеличению воздействия на организм техногенного электромагнитного поля. Отсутствие органов чувств у человека, воспринимающих электромагнитные излучения, определяет этот фактор как особо агрессивный, поскольку, не ощущая воздействий, невозможно его избежать [3]. Результатом негативного действия электромагнитных излучений являются изменения на физиологическом, биохимическом и морфологическом уровнях [14].

По данным Белкина А.Д. (2009); Рябова Ю.Г. (2012); Ломаева Г.В. и др. (2012) наиболее опасными являются вращающиеся электромагнитные поля. Эти поля образуются в результате использования в

промышленности и быту переменного трехфазного электрического тока и в незащищенных экраном помещениях могут составлять до 80% всех электромагнитных излучений [11, 16].

В опытах на экспериментальных животных было показано, что *вращающегося электрического поля* (ВЭП), обладая высокой биологической активностью, изменяет гистоархитектонику коры надпочечников и вызывает нарушения в иммунной системе, что позволяет верифицировать его как стрессогенный фактор [1, 8]. Наиболее уязвимой к стрессорным факторам окружающей среды является репродуктивная система. Нарушения половой функции проявляются снижением генеративной способности и увеличением частоты патологии беременности. Особая чувствительность к действию техногенных электромагнитных излучений проявляется у клеток с высоким уровнем метаболизма, то есть активнопролиферирующих и растущих эмбриональных клеток. Пренатальное воздействие техногенного электрического поля может приводить к внутриутробной гибели, формированию врожденных пороков развития, а также изменять программу развития организма в онтогенезе [14]. При этом выраженность возникающих изменений в организме матери и плода зависит не только от особенностей действующего стрессорного фактора (сила, модальность, длительность), но и от индивидуальной реактивности организма.

Цель исследования – изучить морфо-функциональные изменения в системе мать-плацента-плод у экспериментальных животных с различной прогностической стресс-устойчивостью в условиях воздействия техногенного вращающегося электрического поля.

Материалы и методы исследования. Эксперименты проведены на белых беспородных крысах-самках массой 180-220 г. в осенне-зимний период с 10 дня беременности. Животных содержали в виварии в стандартных условиях температурного и светового режима, на достаточно калорийном рационе. Протокол эксперимента и выведение животных из опыта осуществляли в соответствии с принципами биоэтики, изложенными в «Международных рекомендациях по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985 г.) и приказе МЗ РФ №708н от 23.08.2010 г. «Об утверждении правил лабораторной практики».

До начала опытов всех животных тестировали по методике «открытого поля». При тестировании регистрировались следующие поведенческие показатели: горизонтальная и вертикальная двигательная активность, *латентный период первого движения* (ЛПО), *латентный период выхода в центр* (ЛПЦ), количество пересеченных квадратов, количество стоек, общее время груминга и вегетативные показатели (число болусов). Процесс регистрации и оценка поведенческих показателей животных проводилась с использованием программного комплекса *RATTEST* (А.А. Пермяков, А.Д. Юдицкий, 2013). В зависимости от поведенческих показателей в «открытом поле» животных делили на «активных» *стресс-устойчивых* (СУ) и «пассивных» *стресс-неустойчивых* (СН). Экспериментальную группу животных ($n=29$) подвергали действию техногенного ВЭП, которое осуществляли, помещая беременных в центральную часть установки, моделирующей ВЭП. Используемая установка, представляла один из вариантов физической модели *линии электропередач* (ЛЭП), дополненной фазовращателем [9]. Опыты проводились с 10 дня беременности по 60 минут в течение 10 дней, подвергая экспериментальных животных действию ВЭП. Группой контроля служили беременные самки ($n=31$), не подвергающиеся действию техногенного ВЭП.

Беременность устанавливали на основании мониторинга кольпоцитогаммы и обнаружения сперматозоидов в вагинальных мазках экспериментальных животных.

На 10 день животных опытной и контрольной групп выводили из эксперимента путем введения этиламил-натрия в дозе 60 мг/кг внутривенно и осуществляли забор крови из полостей сердца, а также проводили аутопсию самок и плодов.

В результате аутопсии при макроскопическом исследовании последов определяли степень их кровенаполнения, форму, цвет и консистенцию, а также осуществляли органомерию (измерение массы, объема и площади последов). У извлеченных плодов оценивали внешний вид, определяли массу тела. Показатель общей эмбриональной смертности рассчитывали по формуле Щербака [15].

В плодовой части плаценты оценивали площадь околоворсинчатого пространства посредством наложения на цифровое изображение 100-точечной измерительной сетки в программе *Adobe Photoshop CS2*. Площадь околоворсинчатого пространства пересчитывали по формуле Пика $S=n+k/2-1$, где n – число узлов внутри многоугольника, k – число граничных узлов. Цифровое изображение микроскопических срезов плацент получали с помощью цветной видеокамеры «САМ» 2800.

В плазме крови беременных самок определяли уровень гормонов стресса: глюкокортикоиды (*11-оксикортикостероиды* (11-ОКС) [10]) и катехоламины [5].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием *U*-критерия Манна – Уитни. Различия выборок считали достоверными при уровне значимости $p<0,05$. Результаты обработаны с использованием программ *Microsoft Excel 2005*, *Statica 6,0*.

Результаты и их обсуждение. При действии техногенного вращающегося электрического поля в крови беременных крыс происходило изменение содержания гормонов стресса. У опытной группы животных по сравнению с группой контроля наблюдалось повышение уровня кортикостероидов: у стресс-

устойчивых на 7,8% ($p \geq 0,05$), у стресс-предрасположенных на 71,7% ($p \leq 0,01$). Изменение содержания катехоламинов при этом имело разнонаправленный характер, достоверно увеличивалось у «пассивных» самок до $0,08 \pm 0,01$ ($p \leq 0,01$) мкг/л, и снижалось у «активных» особей до $0,02 \pm 0,006$ мкг/л ($p \leq 0,01$) (табл. 1).

Таблица 1

Содержание гормонов в плазме крови беременных самок и морфометрические показатели их последов и плодов при действии ВЭП

показатели	Контрольная группа		Опытная группа	
	СУ (n=13)	СН (n=19)	СУ (n=12)	СН (n=15)
11-ОКС (мкг/л)	282±33,7	328,21±46,3	304,2±19,7 ($p \geq 0,05$)	563,7±26 ($p \leq 0,01$)
Катехоламины (мкг/л)	0,05±0,007	0,03±0,003	0,02±0,006 ($p \leq 0,01$)	0,08±0,01 ($p \leq 0,01$)
Площадь МВП (мкм ²)	44874±3998	42763±3522	623094±97298 ($p \leq 0,01$)	596162±98863 ($p \leq 0,01$)
Масса плаценты (г.)	0,57±0,04	0,61±0,06	0,47±0,015 ($p \leq 0,05$)	0,42±0,01 ($p \leq 0,01$)
Площадь плаценты (см ²)	1,77±0,15	1,76±0,14	1,33±0,06 ($p \leq 0,05$)	1,44±0,06 ($p \geq 0,05$)
Объем плаценты (см ³)	0,56±0,05	0,58±0,08	0,32±0,045 ($p \geq 0,05$)	0,42±0,04 ($p \geq 0,05$)
Масса плода (г)	4,11±0,62	3,0±0,58	1,93±0,14 ($p \leq 0,01$)	1,42±0,08 ($p \leq 0,01$)
Общая эмбриональная смертность (%)	18,6±0,36	10,9±0,36	54,8±4,1 ($p \leq 0,01$)	47,9±3,9 ($p \leq 0,01$)

Известно, что интенсивное и/или длительное воздействие стрессорного фактора на организм сопровождается активацией адreno-кортикальной оси эндокринной системы. Повышение 11- оксикортикостероидов, наблюдаемое у самок в наших опытах, является маркером стрессогенности вращающегося электрического поля. При этом наибольший прирост 11-ОКС наблюдался у стресс-неустойчивых особей. В экспериментальных работах К.В. Судакова, П.Е. Умрюхина (2010), показано, что разная степень увеличения стресс-гормонов у животных с различной устойчивостью к стрессу, объясняется особенностями реализации регулирующих систем, а именно генетически запрограммированной активацией нейромедиаторной системы в гипоталамо-лимбико-ретикулярных структурах мозга. Катехоламины как быстрореагирующие гормоны имеют пик активности непосредственно вслед за действием раздражителя и действуют непродолжительное время. Главной задачей этих «пусковых» гормонов является мобилизация энергетических резервов, активизация окислительно-восстановительных процессов и обеспечение срочного приспособления организма к действию сверхпороговых раздражителей среды [2].

Морфологические изменения при действии ВЭП у опытных животных (стресс-устойчивых и стресс-неустойчивых) характеризовались снижением всех морфометрических параметров последов (масса, объем и площадь), расширением межворсинчатого пространства (лакун) лабиринтной части плацент, формированием единичных крупных узлов трофобласта, стазом крови в лакунах, а также определялась низкая масса плодов и высокая эмбриональная смертность (табл. 1). При этом наиболее выраженные структурные перестройки в последах наблюдались у стресс-устойчивых особей. Уменьшение площади и объема последов ($1,33 \pm 0,06$ см²; $0,32 \pm 0,045$ см³), наблюдаемые достоверно у стресс-устойчивых самок, позволяет судить о перераспределении тока крови к месту имплантации (централизация кровоснабжения) и формированию «экономичного режима» работы с выключением периферической зоны плаценты, что необходимо для сохранения беременности. Замедление роста последа уменьшает потребление кислорода клетками ворсин хориона и тем самым формируются условия для большей его отдачи плоду [6, 7]. Расширение межворсинчатого пространства (лакун) лабиринтной части плацент, наиболее выраженное у стресс-резистентных самок, обусловлено увеличенным притоком крови и необходимо для сближения кровотоков матери и плода с целью создания оптимальных условий поступления кислорода к плоду [6].

Агрегированные эритроциты и сладж, наблюдаемые при микроскопии в синусоидах последов опытных животных, свидетельствуют об изменении реологических свойств крови и нарушении микроциркуляции в плаценте. Эти нарушения приводят к трофическим и гипоксическим изменениям в ней, проявляющиеся компенсаторным разрастанием клеток трофобласта с формированием узлов.

Выявленные функциональные и структурные перестройки в фето-плацентарном комплексе у беременных самок при действии техногенного вращающегося электрического поля, как модели стресса, могут свидетельствовать о развитии плацентарной недостаточности. Известно, что плацентарная недостаточность представляет собой результат сложных материнско-плодовых взаимоотношений в ответ на действие патогенного фактора и вызывает комплекс морфофункциональных нарушений в плаценте, предрасполагающих задержку развития плода и его гибель. Основой патофизиологических сдвигов в плацен-

те является нарушение маточно-плацентарно-плодового кровотока вследствие спазма маточных артерий и эндотелиальной дисфункции сосудов при повышенных уровнях гормонов стресса в плазме крови [13].

Выводы.

1. Техногенное вращающееся электромагнитное поле, как модель экспериментального стресса, вызывает изменения гормонального профиля крови и формирует плацентарную недостаточность у самок-крыс, что проявляется гипотрофией плодов и увеличением коэффициента общей эмбриональной смертности.

2. Степень изменений гормонального статуса, функциональных, структурных перестроек плодов, и гибель плодов при действии техногенного вращающегося электрического поля зависит от индивидуально-типологических особенностей поведения. У стресс-устойчивых самок сохранность репродуктивной функции выше, чем у стресс-неустойчивых особей.

Литература

1. Белкин А.Д. О роли техногенных вращающихся электрических полей в эндо и экзозокологических взаимосвязях (обзор литературы) // Медицина труда и промышленная экология. 1999. №6. С. 27–30.
2. Егоркина С.Б. Внутриглазное давление и уровень гормонов при нейрогенном стрессе // Сб. науч. трудов 10 междунар. конгресса «Здоровье и образование в 21 веке: Инновационные технологии в биологии и медицине» (9-12 декабря 2009 г., Москва). М.: РУДН. 2009. С. 1213–1214.
3. Комаров Л.Д., Карпова В.В., Смирнова В.В. АРМ специалиста по ПБ и ОТ. Исследование электромагнитного излучения и защита от него. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», «Производственная санитария и гигиена труда», «Промышленная безопасность» и «Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации» / Под редакцией Глебовой С.В. М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2010. 63 с.
4. Коплик Е.В. Метод определения критерия устойчивости крыс к эмоциональному стрессу // Вестник новых медицинских технологий. 2002. Т.9, №1. С.16–18.
5. Матлина Э.Ш. Клиническая биохимия катехоламинов. Москва: Медицина, 1967.
6. Милованов А.П. Патология системы мать-плацента-плод: руководство для врачей. М.: Медицина, 1999. 448 с.
7. Назаров С.Б., Иванова А.С., Новиков А.А. Морфометрические показатели плаценты и состояние NO-зависимых механизмов у плодов при нормальной беременности и нарушениях маточно-плацентарного кровообращения в эксперименте // Архив патологии. 2012. Т. 74, № 1. С. 48–50.
8. Насибов Р.Х., Петренко В.С., Лобанов М.А. Морфофизиологическая оценка состояния надпочечников у экспериментальных животных в условиях техногенного вращающегося электрического поля // Материалы конференции 6 международной научной SCIENCE HEALTH, 2015. С. 12–13.
9. Пучков Г. Г., Перельман Л.С., Задорожная М.Н. Электрические поля электропередачи СВН и их моделирование // Электропередачи сверхвысокого напряжения и экология: Сборник научных трудов ЭНИН им. Кржижановского Г.М. 1986. С. 140–154.
10. Резников А.Г. Методы определения гормонов. Справочное пособие. Киев: Наукова думка, 1980. 399 с.
11. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Гуров И.Б., Ермаков К.В. Многослойный экран встроенных трансформаторных подстанций. URL:http://www.rusnauka.com/32_NII_2014/Ecologia/4_177837.doc.htm.
12. Савченков Ю.И., Шилов С.Н. Плодо-материнские отношения в норме и патологии. Красноярская медицинская академия. Красноярск: Универс, 2001. 416 с.
13. Смирнова Т. Л., Драндров Г. Л., Сергеева В. Е. Содержание катехоламинов в структурах плаценты у женщин с плацентарной недостаточностью и гестозом // Вестник Чувашского университета. 2011. №3. С. 424–429.
14. Щепина Т.П., Некрасова Д.А., Егоркина С.Б. Влияние вращающегося электрического поля низкой частоты на репродуктивный потенциал экспериментальных животных // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 8. С. 53–55.
15. Щербак Б.И. Гигиеническая оценка поливинилацетатных дисперсий: автореф. дис. канд. мед. наук. Кемерово, 1976. С.27.
16. Хадарцев А.А., Грязев М.В., Куротченко Л.В., Куротченко С.П., Луценко Ю.А., Субботина Т.И., Яшин А.А. Экспериментальная магнитобиология: воздействие полей сложной структуры: Монография (серия «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 2) / Под ред. Субботиной Т.И., Яшина А.А. Москва-Тверь-Тула: Изд-во ООО «Триада», 2007. 112 с.

References

1. Belkin AD. O roli tehnogennyh vrashhajushhihsja jelektricheskikh polej v jendo i jekzozjekologicheskikh vzaimosvjazjah (obzor literatury). Medicina truda i promyshlennaja jekologija. 1999;6:27-30. Russian.
2. Egorkina SB. Vnutriglaznoe davlenie i uroven' gormonov pri nejrogennom stresse. Sb. nauch. trudov 10 mezhdunar. kongressa «Zdorov'e i obrazovanie v 21 veke: Innovacionnye tehnologii v biologii i medicine» (9-12 dekabrja 2009 g., Moscow). M.: RUDN. 2009;1213-4. Russian.
3. Komarov LD, Karpova VV, Smirnova VV. ARM specialista po PB i OT. Issledovanie jelektromagnitnogo izlucheniya i zashhita ot nego. Metodicheskie ukazaniya po vypolneniju prakticheskikh rabot po discipline «Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti», «Proizvodstvennaja sanitariya i gigiena truda», «Promyshlennaja bezopasnost'» i «Grazhdanskaja oborona i chrezvychajnye situacii». Pod redakciej Glebovoj SV. Moscow: Izdatel'skij centr RGU nefti i gaza imeni Gubkina IM; 2010. Russian.
4. Koplík EV. Metod opredeleniya kriteriya ustojchivosti krysa k jemocional'nomu stress. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2002;9(1):16-8. Russian.
5. Matlina JeSh. Klinicheskaja biohimija kateholaminov. Moscow: Medicina; 1967. Russian.
6. Milovanov AP. Patologija sistemy mat'-placenta-plod: rukovodstvo dlja vrachej. Moscow: Medicina; 1999. Russian.
7. Nazarov SB, Ivanova AS, Novikov AA. Morfometricheskie pokazateli placenty i sostojanie NO-zavisimyh mehanizmov u plodov pri normal'noj beremennosti i narushenijah matochno-placentarnogo krovoobrashhenija v jeksperimente. Arhiv patologii. 2012;74(1):48-50. Russian.
8. Nasibov RH, Petrenko VS, Lobanov MA. Morfofiziologicheskaja ocenka sostojanija nadpochechnikov u jeksperimental'nyh zhivotnyh v uslovijah tehnogenno vrashhajushhegosja jelektricheskogo polja. Materialy konferencii VI mezhdunarodnoj nauchnoj SCIENCE HEALTH. 2015:12-3. Russian.
9. Puchkov GG, Perel'man LS, Zadorozhnaja MN. Jelektricheskije polja jelektroperedachi SVN i ih modelirovanie. Jelektroperedachi sverhvyssokogo naprjazhenija i jekologija: Sbornik nauchnyh trudov JeNIN im. Krzhizhanovskogo GM. 1986:140-54. Russian.
10. Reznikov AG. Metody opredeleniya gormonov. Spravochnoe posobie. Kiev: Naukova dumka; 1980. Russian.
11. Rjabov JuG, Lomaev GV, Gurov IB, Ermakov KV. Mnogoslojnyj jekran vstroennyh transformatornyh podstancij. Available from: http://www.rusnauka.com/32_NII_2014/Ecologia/4_177837.doc.htm. Russian.
12. Savchenkov JuI, Shilov SN. Plodo-materinskie otnosheniya v norme i patologii. Krasnojarskaja medicinskaja akademija. Krasnojarsk: Univers; 2001. Russian.
13. Smirnova TL, Drandrov GL, Sergeeva VE. Soderzhanie kateholaminov v strukturah placenty u zhenshhin s placentarnoj nedostatochnost'ju i gestozom. Vestnik Chuvashskogo universiteta. 2011;3: 424-9. Russian.
14. Shhepina TP, Nekrasova DA, Egorkina SB. Vlijanie vrashhajushhegosja jelektricheskogo polja nizkoj chastoty na reproduktivnyj potencial jeksperimental'nyh zhivotnyh. Zdorov'e naselenija i sreda obitanija. 2014;8:53-5. Russian.
15. Shherbak BI. Gigienicheskaja ocenka polivinilacetatnyh dispersij [dissertation]. Kemerovo (Kemerovo region); 1976. Russian.
16. Khadartsev AA, Gryazev MV, Kurotchenko LV, Kurotchenko SP, Lutsenko YA, Subbotina TI, Yashin AA. Ekperimental'naya magnitobiologiya: vozdeystvie polej slozhnoy struktury: Monografiya (seriya «Ekspierimental'naya jelektromagnitobiologiya», vyp. 2). Pod red. Subbotinoy TI, Yashina AA. Moscow-Tver'-Tula: Izd-vo OOO «Triada»; 2007. Russian.

Библиографическая ссылка:

Зайнаева Т.П., Егоркина С.Б. Система мать-плацента- плод в условиях техногенного вращающегося электромагнитного поля у крыс с различной прогностической стресс-устойчивостью // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №2. Публикация 2-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-2/2-9.pdf> (дата обращения: 05.05.2016). DOI: 10.12737/19641.