

**МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНОВ ЭМБРИОНОВ КРЫС ПОД  
ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ****Днепропетровская государственная медицинская академия (г. Днепропетровск)**

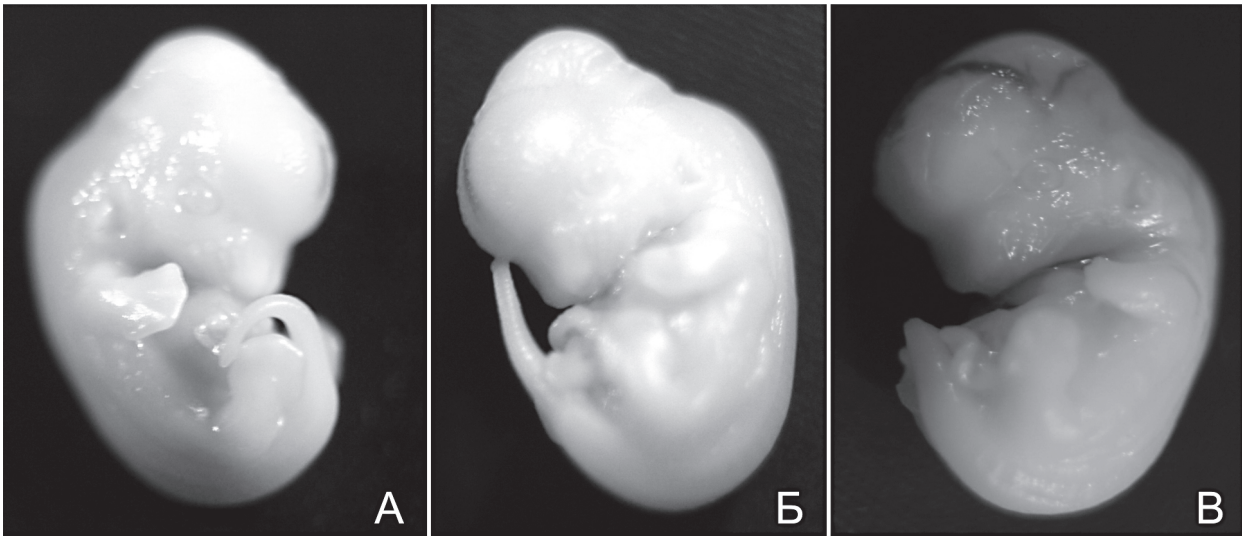
Работа является фрагментом научных разработок кафедры анатомии человека Днепропетровской государственной медицинской академии по темам: «Развитие и становление сердца, его сосудов, папиллярно-трабекулярного и клапанного аппарата в онто- и филогенезе» (№ государственной регистрации: 0101U000777) и «Морфогенез сердца и сосудов после экспериментальных вмешательств» (№ государственной регистрации: 0106U012193).

**Вступление.** Несмотря на большое количество морфологических исследований, остаются невыясненными вопросы, которые касаются изучения закономерностей формирования врождённых пороков сердца и нарушений развития плаценты при воздействии отдельных видов электромагнитного излучения, с учётом чётко установленных терминационных периодов. Установлено, что внутриутробное повреждение плода ЭМП может произойти на любом этапе его развития: во время оплодотворения, дробления, имплантации, органогенеза. Однако периодами максимальной к ЭМП чувствительности являются ранние стадии развития зародыша – имплантация и ранний органогенез. Доказано, что растущие и развивающиеся ткани наиболее подвержены неблагоприятному влиянию электромагнитного поля. С ростом головы и утолщением костей черепа уменьшается содержание воды и ионов, а значит и проводимость. Установлено, что на эмбриональное развитие потомства влияют даже малые интенсивности ЭМП [4, 6]. Потомство облученных животных менее жизнеспособно, наблюдаются аномалии развития, уродства, отставание в весе, нарушения функции высших отделов центральной нервной системы (замедленная выработка и снижение способности к сохранению оборонительных и двигательных-пищевых условных рефлексов), смещение темпов постнатального развития [1, 3]. В зависимости от фазы развития наблюдается как стабилизирующее, так и дестабилизирующее действие электромагнитного излучения на скорость размножения клеток [2]. Для облученных ЭМП взрослых животных характерно уменьшение числа рождаемости потомства, изменения в половых органах самок, нарушения в развитии плода, снижение процента скрещиваемости, статистически более часто отмечающиеся случаи мертворождения [5]. Поэтому проведение комплексного морфологического исследования, которое оценивает морфогенез камер сердца в норме и прогнозировании аномалий и нарушений развития сердца и плаценты при воздействии электромагнитного излучения на этапах эмбриогенеза является важным.

**Целью данного исследования** явились установление закономерностей влияния КВЧ и СВЧ – излучения на кадиоогенез и развитие плаценты.

**Объект и методы исследования.** Материалом для данного исследования послужили белые лабораторные крысы в количестве 380 объектов: 150 эмбрионов под влиянием крайне высоких частот электромагнитного излучения (КВЧ) и 150 эмбрионов под влиянием сверхвысоких частот (СВЧ); из них контрольную группу составило 80 объектов крыс – самок, которые не подвергались во время беременности влиянию электромагнитного излучения. Выбор крыс в качестве объекта исследования обусловлен тем, что они являются удобным экспериментальным материалом при проведении массовых острых и хронических экспериментов. Эти животные обладают повышенной чувствительностью к ограничению двигательной активности и к действию ЭМИ различных диапазонов. Комиссией по биоэтике ДМА (протокол № 2 від 13.02.08) установлено, что проведенные научные исследования эмбрионов крыс отвечают этическим требованиям согласно приказу МОЗ Украины № 231 от 01.11.00 р. «Загальним етичним принципам експериментів над тваринами», которые утверждены I Национальным конгрессом по биоэтике (Київ, 2001р.) согласно положению «Европейської конвенції по захисту хребетних тварин, які використовуються в експериментах та у других учбових цілях» (Страсбург, 18.03.1986р.). Материал нами был получен из вивария ДМА. Распределение материала проведено согласно стадиям развития Б.Л. Астаурова (1975).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Проанализировав результаты эксперимента по влиянию крайневых (КВЧ) и сверхвысоких (СВЧ) частот излучения в сравнительной характеристике с контрольной группой можно сделать вывод о различных влияниях этих двух диапазонов электромагнитного излучения как на зародыша крысы в целом, так и на кадиоогенез и развитие плаценты: в большей степени позитивного компенсаторно - приспособительного КВЧ – излучения и негативного - СВЧ – излучения. Результаты исследований показали, что влияние СВЧ – излучения на ход эмбриогенеза, можно рассматривать как тератогенный фактор, так как его влияние продемонстрировало стабильное отставание весовых показателей крысиных эмбрионов: показало отставание в развитии на 2-3 стадии от нормы, в отличие от воздействия КВЧ - излучения, при воздействии которого эмбрион крысы или не отставал от нормы или наблюдалось слабо выраженное отставание, в среднем на 2 недели или



**Рис. Эмбрионы крысы 14 суток (17-стадия) развития:**  
**а – в норме; б – после КВЧ - излучения; в – после СВЧ - излучения. Ув. об. 40, ок. 4.**

1 стадию развития, но только в ранние термины (рис.).

Результаты исследований показали, что электромагнитное излучение по-разному влияет на потомство крысы. Так, в результате наших исследований отмечалось стимулирующее влияние КВЧ – излучения на потомство – до 11 эмбрионов, в сравнении с контрольной группой – 7-9, и уменьшение после воздействия СВЧ – излучения (до 6). Изменения претерпевала и плацентарная ткань после воздействия электромагнитного излучения. После воздействия КВЧ – излучения изменения в плаценте носили компенсаторно – приспособительный характер, а именно: гиперплазия эндотелия, проявляющееся в увеличении действующих капилляров и синусоидов; равномерное, но незначительное увеличение синцитиальных скоплений; дихотомическое ветвление расширенных ворсин хориона. После воздействия СВЧ – излучения происходили нарушения, определяющие тератогенный характер действия данного диапазона электромагнитного излучения, а именно: гипоплазия эндотелия, проявляющееся в уменьшении капилляров и синусоидов; увеличение и уплотнение синцитиальных скоплений с фрагментарной редукцией их, что дополнительно сопровождалось нарушением межклеточных контактов; не дихотомического ветвления ворсин с истончением эпителия. Изменения ткани ворсин в виде увеличения так называемых синцитиальных почек – скопления клеток синцитиотрофобласта, по мнению многих авторов, являются диагностическим критерием, свидетельствующим о наличии гипоксии в плацентарной ткани на ранних стадиях развития эмбриона крысы. Следует заметить, что наличие синцитиальных почек мы наблюдали после воздействия обоих диапазонов электромагнитного излучения. Но, если в плацентарной ткани крысы, после воздействия КВЧ - излучения наблюдались единичные относительно равномерно распределённые

синцитиальные скопления вдоль ворсин, то после СВЧ – излучения синцитиальные скопления характеризовались участками накопления и скученности и фрагментарной редукцией, что дополнительно сопровождалось нарушением межклеточных контактов как результат тератогенного влияния сверхвысоких частот электромагнитного излучения, что приводит к кровоизлияниям в мезенхимные структуры плаценты и нарушениям в плацентарной ткани и, что однозначно могло сказываться на развитии эмбриона крысы. В эмбриогенезе крыс независимо от стадии развития после воздействия электромагнитного излучения наблюдается наличие синцитиальных почек, что однозначно является результатом гипоксически – ишемических процессов. Но, в зависимости, от диапазона излучения данная гистологическая особенность в плаценте является результатом компенсаторно-приспособительных процессов как при КВЧ – излучении или гипоксически – ишемических как при СВЧ – излучении. Следует заметить, что влияние сверхвысоких частот электромагнитного излучения происходило в течение 10–ти дней от момента оплодотворения и, возможно, это влияло на количественный показатель потомства. Так как данные изменения в плацентарной ткани происходили на ранних этапах эмбриогенеза, то и элиминация эмбриона могла произойти очень рано. В результате не было смертности эмбрионов, но происходило уменьшение количества эмбрионов после рождения, в сравнении с контрольной группой и данными литературы по изучению биологических объектов, то есть СВЧ – излучение оказывало дестабилизирующее действие на потомство. Влияния электромагнитного излучения проявлялось не только на макро и микроуровнях, но и на количественные показатели.

Так, после воздействия КВЧ – излучения весовые показатели плаценты, благодаря гиперпластическим процессам, увеличивались. После

воздействия СВЧ – излучения - вес плаценты, благодаря гипопластическим процессам, уменьшался. Таким образом, было установлено после воздействия КВЧ - излучения увеличение плацентарно – плодного индекса, а после воздействия СВЧ – излучения его уменьшение. Влияние электромагнитного излучения мы рассматривали на эмбрион крысы в целом, а также на органогенез, а именно на развитие плаценты и кардиогенез. При влиянии КВЧ – излучения преобладали гипертрофические, гипертрофуляризаационные процессы, что способствует утолщению стенок камер сердца, увеличению действующих сосудов и гиперплазии эндотелия, усиление и увеличение активних процессов пролиферации и эпителиально-мезенхимальных трансформаций, но створки клапанов были не изменены. Результаты влияния СВЧ - излучения приводили к преобладанию дистрофических, гипотрофических, гиповаскуляризаационных процессов, замедлению и угнетению процессов пролиферации и эпителиально-мезенхимальных превращений, нарушению распределения кардиогеля в атриовентрикулярном канале, желудочках, конусностволовом отделе эмбрионального сердца, но при этом, створки атриовентрикулярных клапанов были склонны к расширению, а полулунных - к выраженной ассиметрии и укорочению, что не являлось пороком, а пограничным состоянием, то есть аномалией. Одним из механизмов тератогенного действия СВЧ – излучения есть нарушение межклеточных контактов в эндотелии, что нарушает эпителиально - мезенхимальные трансформации, и, следовательно, все процессы и структуры, связанные с ними, в первую очередь, атриовентрикулярных и полулунных клапанов и папиллярно – трабекулярного аппарата сердца. После действия КВЧ и СВЧ – электромагнитного излучения выявлялись негативное влияние СВЧ – излучения, в результате чего нарушались процессы дегисценции и деляминации, вследствие чего изменялось формирование структур, которые являются производными деляминационной пластинки, а именно: клапаны и перегородки сердца, папиллярно – трабекулярный аппарат; действие КВЧ – излучения таких последствий не оказывало.

Так, выраженные пороки развития сердца (эктопия, дефект межжелудочковой перегородки) вызывает СВЧ-излучение, но в самых малых, в процентном отношении, случаях – 0,2 % и 0,7 % от всех пороков. Было установлено достоверное уменьшение массы эмбрионов при воздействии СВЧ – излучения и уменьшение кардиофетального индекса. При воздействии КВЧ - излучения масса эмбрионов изменялась незначительно и отмечалось увеличение кардиофетального индекса. Таким образом, морфометрические показатели как косвенные признаки нормальности протекаемых процессов в кардиогенезе, плацентации и развития эмбриона крысы в целом подтверждают данные гистометрических показателей, свидетельствующих о стимуляции и катализации гипертрофических процессов в сердце и гипертрофических в плаценте после воздействия

крайне высоких частот электромагнитного излучения и гипотрофических – в сердце и гипопластических – в плаценте после воздействия сверхвысоких частот электромагнитного излучения.

Исследования гистогенетических процессов при помощи иммуногистохимических и лектиногистохимических маркеров на эмбрионах крыс позволило на клеточном уровне определить механизм и термин формирования нарушений кардиогенеза и плаценты. Исследование процессов пролиферации (использование маркера - Ki - 67) и апоптоза (маркер bcl-2) и их соотношение, свидетельствуют о наивысшей активности морфогенетических превращений в стенках сердца крысы на 10-е сутки (12 стадия эмбриогенеза). При воздействии СВЧ – излучения происходило выраженное снижение пролиферации в структурах сердца. Исследование процессов васкулогенеза (маркер сосулистого эндотелия - CD-34) выявило увеличение диаметра и количества действующих капилляров в стенке сердца на 13-й стадии (11 сутки) эмбриогенеза при воздействии КВЧ - излучения. При исследовании процессов васкулогенеза выявлено увеличение действующих капилляров в ворсинах хориона крысы на 10 – е сутки развития после воздействия КВЧ– излучения и их уменьшение после действия СВЧ – излучения. Исследования с помощью лектиногистохимических маркеров продемонстрировало, что на 9-10,5-сутки (11-12,5 стадия) развития происходит перераспределение углеводовных молекул и рецепторов лектинов на поверхности клеток, что объясняет гетерогенность связывания лектинов миграции SNA, адгезии WGA и LABA в тканях сердца крысы. При воздействии СВЧ - излучения накопление лектинов в этих участках происходило значительно медленнее, что также косвенно свидетельствовало о повреждении гликокаликса, благодаря составу которого в норме и происходит интенсивное накопление рецепторами лектинов в тех участках, в которых происходят активно гистогенетические процессы.

**Выводы.** Проанализировав результаты собственных исследований и исследования других исследователей можно сделать вывод, что основные формообразующие процессы в сердце происходят в периоды эмбриогенеза и нарушения под воздействием физических факторов именно в эти стадии развития приводят к изменениям в сердце и плаценте, формированию врождённых пороков, аномалий развития и оказывают дестабилизирующее действие на потомство. В плаценте - после воздействия КВЧ – излучения изменения носили компенсаторно – приспособительный характер, а после воздействия СВЧ–излучения происходили нарушения, определяющие тератогенный характер действия данного диапазона электромагнитного излучения.

**Перспективы дальнейших исследований.** Дальнейшее изучение влияний электромагнитного излучения на органогенез, учитывая гормональную и ферментативную особенность.

## Список литературы

1. Гаркави Л. Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоров'ю через процессы самоорганизации / Гаркави Л. Х., Квакина Е. Б., Кузьменко Т.С. // -М.: Имедис ", 1998. – 656 с.
2. Замай Т. Н. Особенности функционирования клеточной мембраны в условиях воздействия электромагнитного поля / Замай Т. Н., Маркова Е. В., Титова Н. М. // Вестн. Краснояр. ун-та. – 2003. - №5. – С.151-159.
3. Капустина Н. Б. Изменение ритмокардиограммы крыс при низкоинтенсивном КВЧ-воздействии. Сер. Биол. / Капустина Н.Б., Ошевенский Л.В., Крылов В.Н. // Вестн. Нижегород. ун-та. – 2001. – №2. – С.53-56.
4. Савенкова О. О. Вплив тератогенних чинників на базові гістогенетичні процеси ембріонального серця / О. О. Савенкова, В. В. Кошарний, В. Ф. Шаторна // Вісник проблем біології і медицини. — 2010. — № 3. — С. 249—252.
5. Сусак И. П. О первичных механизмах воздействия электромагнитных полей на биологические объекты / Сусак И. П., Пономарев О. А., Шигаев А. С. // Биофизика. – 2005. – 50, №2. – С.367-370.
6. Celik O. Effect of electromagnetic field emitted by cellular phones on fetal heart rate patterns / O.Celik, S.Hascalik // Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol. - 2004. - Vol.112. - P.55-56.

УДК 611.1:611.013:537.531-092.9

### МОРФОГЕНЕТИЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ОРГАНІВ ЕМБРІОНІВ ЩУРІВ ПІД ВПЛИВОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Кошарний В. В., Абдул-Огли Л. В., Демьяненко І. А., Снісар Е. С., Козловська Г. О.

**Резюме.** Робота присвячена проблемі з'ясування механізмів морфогенезу та формування серця і плаценти ембріона криси, обумовлених дією електромагнітного випромінювання. Дослідження проводилися на серцях ембріонів, плацент щурів в кількості 380 з використанням морфологічних методів дослідження. Кількісно оцінені структурні зміни в різних відділах ембріонального серця: передсердях, шлуночках, атріовентрикулярному каналі, атріовентрикулярних та полулуних клапанах, міжпередсердній та міжшлуночкової перегородках та ворсин хоріону плаценти. Для виявлення змін в ході основних гістогенетичних процесів використано імуногістохімічні та лектиногістохімічні маркери. Накопичення маркерів проліферації та апоптозу дало можливість співставити процеси проліферація – апоптоз в нормі та виявити та підтвердити зміни в моделях експерименту. Виявлення маркерів судинного ендотелію та маркера гладенької м'язової тканини, дало можливість визначити основні терміни та етапи васкулогенезу і диференціювання первинних судин серця та плаценти.

**Ключові слова:** ембріогенез, плацента, ворсини хоріона, кардіогенез, вади серця, електромагнітне випромінювання.

УДК 611.1:611.013:537.531-092.9

### МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНОВ ЭМБРИОНОВ КРЫС ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Кошарный В. В., Абдул-Огли Л. В., Демьяненко И. А., Снисар Е. С., Козловская А. А.

**Резюме.** Работа посвящена морфогенетическим изменениям сердца и плаценты в эмбриогенезе крыс и механизм развития нарушений в кардиогенезе и плацентации после воздействия электромагнитного излучения. Исследования проводились на сердцах и плацентах эмбрионов крыс в количестве 380 с использованием морфологических методов исследования. Количественно оценены структурные изменения в разных отделах эмбрионального сердца: предсердиях, желудочках, атриовентрикулярном канале, атриовентрикулярных и полулуных клапанах, межпредсердной и межжелудочковой перегородках и ворсин хориона плаценты. Для выявления изменений в ходе основных гистогенетических процессов использованы иммуногистохимические и лектиногистохимические маркеры. Накопление маркеров пролиферации и апоптоза дало возможность сопоставить процессы пролиферация – апоптоз в норме и выявить и подтвердить изменения в моделях эксперимента. Выведения маркеров сосудистого эндотелия и маркера гладкой мышечной ткани, дало возможность выделить основные термины и этапы васкулогенеза и дифференцирования первичных сосудов сердца и плаценты.

**Ключевые слова:** эмбриогенез, плацента, ворсини хориона, кардиогенез, пороки сердца, электромагнитное излучение.

UDC 611.1:611.013:537.531-092.9

### Morphogenetic Transformations The Rats Embryos Organs After Influensng Of Electromagnetic Radiation Koshanuu V.V., Abdul-Ogli L.V., Demyanenko I.A., Snisar E.S., Kozlovskaya A.A.

**Summary.** Work is devoted to the problem of morphogenesis mechanisms of the developmental features of heart and placenta embryos rat, caused by of electromagnetic radiation. Morphological researches were carried out on the 380 hearts and placentas of embryos rats by the morphological methods. Structural changes in different heart part during the embryogenesis are quantitatively estimated: auricles, ventricles, atrio-ventricularis and semilunaris valves, interatrial and interventricular partitions and chorionic villi placental. For revealing of infringements during base hystohgenesis processes were used imunohystohemical and lectinohystohemical markers. The accumulation of proliferation markers and apoptosis gave the change to compare proliferation – apoptosis processes in norm and to reveal changes in models of experiments. Revealing of terms and process stages vasculogenesis heart and placental or its infringements became possible thanks to a marker endothelia and a marker of a smooth muscular fabric.

Key words: embryogenesis, placenta, chorionic villi, cardiogenesis, heart defects, electromagnetic radiation.

Стаття надійшла 8.08.2011 р.