

ВПЛИВ ПОСТІЙНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПЕРЕБІГ ВАГІТНОСТІ ТА РОЗВИТОК ПОТОМСТВА У БІЛИХ ЩУРІВ

М. Л. Тараховський, Є. П. Самборська, Т. Д. Задорожна, Е. М. Ліхтенштейн

Експериментальний відділ Київського інституту педіатрії, акушерства і гінекології

Останнім часом зібрано чимало доказів біологічного впливу магнітних полів. У цьому плані клінічно і експериментально встановлено вплив постійного магнітного поля на різні функції організму людини і тварин [2, 4, 6—10, 13—17 та ін.].

Водночас питання про вплив постійного магнітного поля на статеву функцію, перебіг і кінець вагітності, розвиток потомства вивчене недостатньо. У дослідях на білих мишах встановлено, що сильні постійні магнітні поля напругою 2000—5000 ерстед (е) спричиняють істотний вплив, викликаючи порушення менструального циклу, відставання в розвитку новонароджених мишенят [12].

Ми досліджували ефект відносно слабкого (400 е) постійного магнітного поля при його тривалому впливі на перебіг вагітності у білих щурів, а також на розвиток потомства.

Методика досліджень

Щурів вміщували в спеціально сконструйовану камеру, що знаходиться в постійному магнітному полі. Для ослаблення впливу теплового фактора в камері з допомогою вентилятора досягали постійного охолодження повітря до кімнатної температури протягом усього досліду. Конструкція випрямляча, який живиться від міської мережі (220 в), дозволяла регулювати напругу магнітного поля в межах від 0 до 1000 е.

Усього проведено чотири серії дослідів на 100 безпородних білих щурах вагою від 180 до 365 г віком 6—12 місяців.

У першій серії дослідів на десяти щурах досліджували вплив магнітного поля на перебіг і кінець вагітності. Для цього щурів з першого дня вагітності, який визначали за наявністю сперматозоїдів у піхвових мазках, щодня, до 13-го дня включно піддавали дії постійного магнітного поля напругою 400 е при чотиригодинній експозиції. Протягом усього строку вагітності провадили щоденні спостереження за поведінкою тварин, їх вагою. На 19-й день вагітності самок декапітували, підраховували у них кількість живих і мертвих плодів, кількість плацент, визначали вагу і довжину плодів.

У другій серії дослідів вивчали перебіг і кінець вагітності у щурів, запліднених самцями, які зазнали тривалого впливу магнітного поля. П'ять самців протягом тижня перебували під впливом магнітного поля напругою 400 е при чотиригодинній експозиції. Через тиждень після початку впливу кожного самця підсадили до трьох самок. Згодом вплив магнітного поля на самців здійснювали протягом одного місяця, і протягом цього періоду самців щодня підсаджували до самок. У самок визначали строк вагітності і характер її перебігу. Самок забивали на 19-й день, брали до уваги кількість, вагу і довжину плодів, кількість плацент.

Для контролю вивчали початок і характер перебігу вагітності у 15 самок, запліднених тими самими п'ятьма самцями за 1,5 місяця до початку і впливу магнітного поля.

Після припинення впливу магнітного поля самців декапітували. Гістологічно досліджували тканини серця, легень, печінки, нирок, надниркових залоз, селезінки, мозку і сім'яників. Препарати заливали в парафін і зафарбовували гематоксилін-еозином і пікрофуксином за Ван-Гізоном, міокард — також залізним гематоксиліном за Гайденгайном. Аналогічні гістологічні дослідження проведені у чотирьох самців контрольної групи.

У третій серії вивчали вплив постійного магнітного поля на розвиток новонароджених шуренят. Вагітні щури зазнавали впливу магнітного поля тієї самої інтенсивності і в ті ж строки, що й щури першої серії.

Реєстрували вагу і довжину новонароджених шуренят, а також збільшення ваги і росту за кожні п'ять діб протягом місяця з дня народження.

Фіксували строки відкривання вух і очей шуренят, появу волосяного покриву і повного вкриття шерстю, строки вилизання з гнізда. Усього в цій серії досліджено сім шурів, які зазнали впливу магнітного поля і донесли вагітність до кінця; для контролю обслідували п'ять інтактних шурів.

Через півтора місяця після припинення впливу магнітного поля і закінчення годування шуренят самок декапітували і провадили гістологічне дослідження тканин яєчників і надниркових залоз.

У четвертій серії на 15 щурах досліджували функціональний стан яєчників при тривалому систематичному впливі постійного магнітного поля. Був використаний метод цитологічного аналізу піхового секрету шурів, який дозволяє вивчати функціональний стан яєчників за тривалістю окремих фаз статевого циклу [1, 11, 18].

Щури протягом місяця перебували під впливом магнітного поля напругою 400 е при щоденній чотиригодинній експозиції. Брало до уваги тривалість і регулярність зміни статевих циклів, їх кількість, тривалість фази тічки.

Оскільки тривалість статевого циклу у різних тварин досить значно варіює, ми провадили порівняльний аналіз на тому самому контингенті шурів, беручи до уваги за певний (двадцятиденний) період кількість і тривалість статевих циклів, послідовність фаз і тривалість тічки у шурів до їх вміщення у магнітне поле, в період його впливу і після припинення. Усіх тварин даної серії через місяць після припинення впливу магнітного поля декапітували, реєстрували вагу яєчників, надниркових залоз і гіпофіза у кожного щура, провадили гістологічне дослідження тканин яєчників і надниркових залоз. Аналогічні дослідження проведені у 15 шурів контрольної групи.

Цифрові дані досліджень оброблені статистичним методом.

Результати досліджень

Судячи з результатів першої серії дослідів, систематичний вплив постійного магнітного поля на вагітних шурів спричинив ряд порушень у перебігу та кінці вагітності. З десяти шурів, у яких на початку досліду визначили вагітність, лише у шести на розтині виявили плоди. У чотирьох шурів до моменту розтину (на 19-й день) не було ніяких ознак вагітності. Вагітність переривалась у цих шурів у першій половині, оскільки, починаючи з другої половини, у них не спостерігалось збільшення ваги. У шести шурів, які донесли вагітність до кінця, було вилучено 47 плодів, з них живих — 44 (93,6%), мертвих — 3 (6,4%). У трьох шурів відзначені явища розсмоктування плодів, причому в двох випадках — на ранніх стадіях розвитку. У чотирьох плодів відзначені вродливості розвитку у вигляді спинномозкової грижі, евісцерації внутрішніх органів (рис. 1, 2).

Середня вага плодів на 19-й день вагітності у самок цієї групи становила $1,6 \pm 0,05$ г, середня довжина — $24,5 \pm 0,48$ мм, середня кількість плодів на одну самку — вісім. У порівнянні з середніми величинами ваги ($1,55 \pm 0,01$ г), довжини ($22,7 \pm 0,63$ мм) і кількості плодів на одну самку (дев'ять) у шурів контрольної групи, у плодів від самок, які зазнали впливу магнітного поля, відзначено статистично достовірне ($p < 0,05$) збільшення довжини і відсутність ($p > 0,25$) змін у вазі та плідності тварин.

У шурів контрольної групи до моменту розвитку не було виявлено вагітності у одного щура з дев'яти. Усі 74 плоди цієї групи були

живими. Виявлені три резорбції на пізніх стадіях розвитку, після плацентації. Виродливості розвитку не відзначено.

У самців при тривалому перебуванні в постійному магнітному полі не спостерігалось будь-яких змін у поведінці, реагуванні на їжу та інші подразники. Вага самців істотно не змінювалась до закінчення впливу магнітного поля і становила в середньому 312 г до початку і 324 г до його закінчення.

Після підсаження самців до самок під час першої тічки вагітність наставала у 11 з 15 щурів (73,3%), під час другої тічки — у одного щура (6,6%). Три щура, незважаючи на регулярні тічки, не



Рис. 1. Виродливість розвитку (спинномозкова грижа) у плода щура, який перебував під впливом постійного магнітного поля з першого до 13-го дня вагітності.

Розтин на 19-й день вагітності.

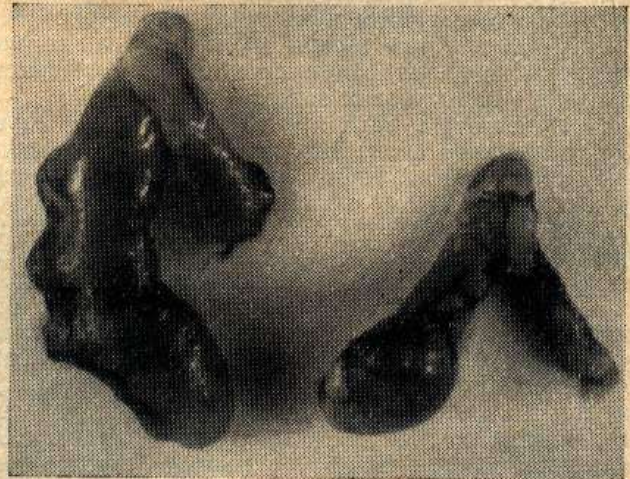


Рис. 2. Резорбція плодів, деформація плодовмістлищ у щурів, що перебували під впливом постійного магнітного поля з першого до 13-го дня вагітності.

Розтин на 19-й день вагітності.

були запліднені, і їх пересадили до іншого самця, причому у двох із них вагітність наставала при першій тічці, а у третього — під час другої тічки.

У однієї самки, незважаючи на те, що у піхвових мазках при тічці сперматозоїди виявлялись протягом трьох статевих циклів, вагітність не наставала. При переміщенні цієї тварини до іншого щура вагітність у неї виникала під час першої тічки.

Отже, у чотирьох із 15 самок після підсаження до них самців, які перебували під впливом постійного магнітного поля, вагітність не наставала, або закінчувалася зривом у ранні строки (26,6% випадків).

Водночас у контрольному досліді, проведеному з цими самими самцями за півтора місяця до початку впливу на них магнітного поля, з 15 самок вагітність при першій же тічці виникала і закінчувалася родами у 13 (86,6%), при другій тічці у двох щурів (13,4%). У щурів, запліднених самцями, які зазнали впливу магнітного поля, виявлено при розтині 119 плодів, з них 112 живих і 7 мертвих. Виявлено п'ять резорбованих плодів на різних стадіях розвитку, що не перевищує кількості резорбцій у контрольних спостереженнях. У цій серії дослідів плідність також не змінювалась щодо контролю — середня кількість плодів на одну самку становила вісім.

Привертає увагу значна кількість крупних крововиливів різної

локалізації (у 33 плодів). У двох щуренят спостерігалися виродливості — розщеплення хребта, кукса передньої лапки.

Середня вага плодів у цій серії становила $1,49 \pm 0,02$ г, середня довжина — $22,05 \pm 0,15$ мм. Встановлено зменшення ваги щодо контролю ($p < 0,02$) та відсутність істотних відмінностей у довжині плодів ($p > 0,25$).

Привертає увагу, що з п'яти самців, які зазнали впливу магнітного поля, у трьох відразу ж після розтину всі сперматозоїди були повністю знерухомлені, у одного кількість рухомих становила близько 10% і лише у одного самця не змінилась щодо контрольних спостережень (після розтину виявлено 80—85% рухомих сперматозоїдів).

У цитоплазмі печінкових клітин у піддослідних самців виражена крупна крапельна вакуолізація, змазаність рисунка. В інших досліджених органах виражених змін не виявлено.

Результати дослідів третьої серії по впливу постійного поля на розвиток потомства у щурів підсумовані в таблиці.

Дія постійного магнітного поля при його тривалому впливі на вагітних щурів, на розвиток потомства

	Кількість вагітних щурів	Кількість новонароджених	Середня кількість новонароджених на одного щура	Середня вага при народженні (в г)	Середня довжина при народженні (в мм)
--	--------------------------	--------------------------	---	-----------------------------------	---------------------------------------

Вплив постійного поля з першого до 13-го дня вагітності	7	52	7	$5,1 \pm 0,09$	$46,7 \pm 0,24$
Контрольні спостереження	5	30	6	$4,9 \pm 0,15$	$43,7 \pm 0,59$

	Середнє збільшення у вазі (в г) на добу					
	п'яту	десяту	15-у	20-у	25-у	30-у

Вплив постійного поля з першого до 13-го дня вагітності	3,3	8,8	12,7	16,4	19,5	33,7
Контрольні спостереження	4,0	6,8	11,5	13,2	24,8	34,4

	Загибель плодів					
	1—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30

Вплив постійного поля з першого до 13-го дня вагітності	15	10	1	4	1	1
Контрольні спостереження	9	3	3	1	—	—

Судячи з наведених у таблиці даних тривала дія постійного магнітного поля на вагітних щурів не спричиняла негативного впливу на розвиток потомства у першому поколінні. Середня довжина і вага новонароджених щуренят були більші, ніж у контрольних спостереженнях, причому щодо довжини ці відмінності достовірні ($p < 0,001$). Вплив постійного магнітного поля не позначався негативно і на даль-

шому розвитку щуренят, судячи з набування у вазі у них щодо щуренят контрольної групи. Про це свідчили також й інші показники розвитку: строки розплющення очей і відкривання вух, покриття шерстю, покидання гнізда. Ці строки збігалися по обох групах і відповідали літературним даним [3].

У групі щуренят, народжених від самок, що зазнали впливу магнітного поля, протягом перших п'яти діб загинуло 28,8% усіх народжених щуренят, з п'ятої до десятої доби — 19,2%; у контрольній групі відповідно 30 і 10%. Усього протягом перших десяти діб у групі

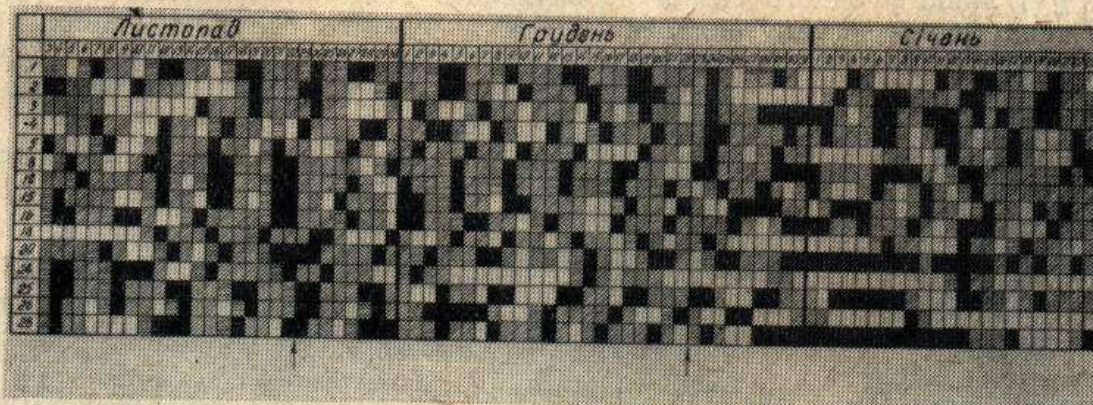


Рис. 3. Статеві цикли щурів, які зазнали тривалого впливу постійного магнітного поля. По горизонталі — дата проведення дослідів, по вертикалі — номер щура. Чорні чотирикутники — еструс, заштриховані навскіс — метеструс, заштриховані горизонтально — проеструс, білі — діеструс.

Стрілками позначені початок і закінчення впливу.

піддослідних щуренят загинуло 48% народжених, у контрольній — 40% (різниця не істотна, $p > 0,25$).

При гістологічному дослідженні яєчників піддослідних тварин, забитих через 1,5 місяця після припинення впливу магнітного поля, строма яєчників виявилась звичайної будови. Судини помірно повнокровні. Фолікули яєчника не підраховували, але на оглядових препаратах спостерігались звичайні темпи дозрівання фолікулів і жовтих тіл, а також їх зворотний розвиток. Порівняно з контролем відзначена чітка гіперплазія коркового шару надниркових залоз за рахунок збільшення кількості клітинних елементів.

Гонадотропний ефект, викликаний тривалим впливом постійного магнітного поля, досліджували при вивченні характеру і тривалості статевих циклів і періоду тічки у щурів (рис. 3).

Як видно з наведеного рисунка, у всіх 15 самок до початку впливу магнітного поля була регулярна зміна статевих циклів. У самок № 3 і 18 тічка з'явилась не на початку спостереження, але надалі протікала регулярно, кожні чотири-п'ять днів. Протягом 20 днів спостережень тривалість циклу у щурів становила в середньому $6,1 \pm 0,68$ дня, тривалість періоду тічки — $1,4 \pm 0,08$ дня.

У період систематичного впливу магнітного поля спостерігався ряд порушень у послідовності змін статевих циклів, в тривалості їх дії. Так, у щурів № 1 і 2 не було фази діеструсу, у щура № 8 відзначено подовження фази проеструсу до двох днів. Середня тривалість циклу у самки за 20 днів спостереження (з 26.XI до 15.XII 1966 р) становила $5,5 \pm 0,36$ дня (різниця недостовірна, $p > 0,5$), середня тривалість періоду тічки — $1,4 \pm 0,1$ дня.

Характер статевих циклів істотно змінився після припинення впливу магнітного поля. Значні порушення спостерігались у послідовності зміни фаз статевого циклу, в їх тривалості. Подовження фази дієструс відзначено у щурів № 1 і 2, у щура № 26 не було фази метеструс, у щурів № 3, 8 і 20 відсутня фаза дієструс. Істотно змінилась частота і тривалість тічки у ряду тварин. У щурів № 20 і 28 тічка тривала протягом двох і більше тижнів, подовжилась тічка у щурів № 3, 8, 15 і 16. У інших тварин відзначені протилежні явища — значне порідження тічок (щури № 5, 18, 24, 26). Завдяки значному подовженню

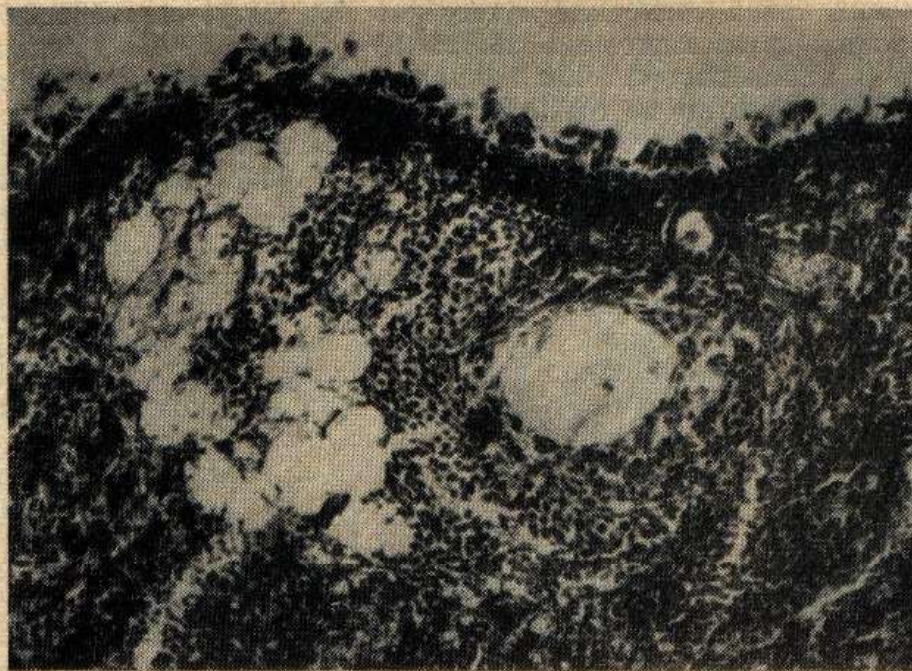


Рис. 4. Ділянка вакуолізації клітин строми яєчників у щура, що перебував протягом місяця під впливом постійного магнітного поля.

Пофарбування гематоксилін-еозином. Зб. 300.

тривалості тічки у ряду тварин істотно збільшилась щодо контролю ($p < 0,001$) середня тривалість тічки, що становила за 20 днів спостережень (з 24.XII до 13.I 1967 р.) $2,6 \pm 0,27$ дня. Середня тривалість циклу щодо контролю не змінилась і становила $6,9 \pm 0,28$ дня ($p > 0,25$). Якщо порівняти середню тривалість статевого циклу і тривалість тічки в період впливу магнітного поля та після його припинення, то період післядії характеризується істотним ($p < 0,01$) подовженням статевого циклу і тривалості тічки ($p < 0,001$).

Слід відзначити, що вихідний характер статевого циклу так і не встановився у ряду тварин через місяць після припинення впливу магнітного поля (щури № 12, 24, 26).

При гістологічному дослідженні яєчників піддослідних самок через місяць після припинення впливу магнітного поля в деяких випадках були виявлені зміни у вигляді гіперплазії строми яєчника, поширених ділянок ожиріння клітин строми (рис. 4). Ці зміни були особливо чітко виражені у щурів № 24 і 26 з тривалим періодом дієструс. Місцями в тканині яєчника виявлені крововиливи з відкладанням гемосидерину. У стінках деяких артеріальних судин середнього калібру виявлені відкладання солей вапна. Зрідка трапляються фолікули

із затримкою евакуації фолікулярної рідини, вони розтягнуті, нагадують кисту. У надниркових залозах виявлена гіперплазія коркового, а в деяких спостереженнях і мозкового шару. При зіставленні товщини коркового і мозкового шару надниркових залоз у щурів контрольної і піддослідної груп встановлено чітке потовщення обох шарів залози у тварин, які зазнали впливу магнітного поля. У контрольних спостереженнях товщина коркового шару коливалась в межах 330—1000 мк, мозкового шару — 852—922 мк; у піддослідних тварин відповідно 1080—1400 і 920—1115 мк. Це узгоджується з даними про зміни ваги надниркових залоз піддослідних тварин. Середня вага правої і лівої надниркових залоз становила відповідно $36,3 \pm 2,56$ і $36,5 \pm 3,65$ мг; у контрольній групі відповідно $23,3 \pm 1,58$ і $25,3 \pm 1,18$ мг (різниця достовірна, p відповідно $< 0,001$ і $0,01$). Водночас середня вага яєчників і гіпофіза істотно не змінилася щодо контрольних спостережень.

Одержані дані свідчать про негативний вплив, що спричиняється тривалою дією постійного магнітного поля на перебіг і результат вагітності у білих щурів. Цей вплив виражався в зменшенні частоти зачаття у щурів, явищах резорбції плодів, значній кількості мертвороджень, а в окремих випадках у вродливості розвитку.

Наявність функціональних і морфологічних змін в яєчниках піддослідних щурів, порушення в перебігу і закінченні вагітності у самок, запліднених самцями, які зазнали впливу постійного магнітного поля, дозволяють висловити припущення про переважний негативний гонадотропний вплив постійного магнітного поля. Певну роль у трактуванні одержаних фактів відіграє, видимо, стресорна реакція, оскільки у щурів, які зазнали впливу магнітного поля, виявлено збільшення ваги надниркових залоз і гіперплазія їх коркового шару.

Одержані дані узгоджуються з спостереженнями [5], за якими тривалий вплив надвисокочастотного електромагнітного поля викликав порушення у функціонуванні яєчників білих щурів.

Водночас виходячи з одержаних даних, вплив постійного магнітного поля не спричиняє негативного впливу на розвиток потомства у першому поколінні. Про це можна судити за відсутністю відставання в розвитку, вагою і довжиною щуренят протягом першого місяця постнатального розвитку. Середня довжина плодів і новонароджених щуренят перевищувала цей показник у тварин контрольної групи.

Одержані експериментальні дані свідчать про те, що тривалий вплив порівняно слабкого постійного магнітного поля спричиняє негативний гонадотропний і ембріотропний ефект.

Література

1. Генін Д. І.—Педіатрія, акушерство і гінекологія, 1961, 3, 56.
2. Друзь В. А.—Матер. к изучению биол. действия магнитных полей, Автореф. канд. дисс., Х., 1967.
3. Западнюк И. П., Западнюк В. И., Захария Е. И.—Лабор. животные, их разведение, содержание и использование в эксперим., К., 1962.
4. Кармилов В. И.—В кн.: Труды Молотовск. мед. ин-та, 22, Пермь, 1947, 125.
5. Повжитков В. А., Тягин Н. В., Гребешечникова А. М.—Бюлл. exper. биол. и мед., 1961, 51, 5, 103.
6. Торопцев И. В., Гарганеев Г. П.—В кн.: Матер. I научной конфер., ЦНИЛ, Томск, 1964, 109.
7. Холодов Ю. А.—Влияние электромагнитных и магнитных полей на центр. нервн. сист., М., 1966.
8. Холодов Ю. А.—К физиол. анализу действия магнитного поля на животных, Автореф. канд. дисс., М., 1958.
9. Чиженкова Р. А.—Бюлл. exper. биол. и мед., 1961, 61, 6, 11.

10. Alexander H.—Amer. J. Med. Electr., 1962, 4, 181.
11. Allen E.—Amer. J. Anat., 1922, 30.
12. Barnothy J.—Medical Physics., Chicago, 1960, 3, 61.
13. Barnothy J., Barnothy M.—Nature, 1956, 177, 4508, 577.
14. Barnothy M.—Nature, 1963, 200, 4903, 95.
15. Barnothy M.—Nature, 1962, 193, 4822, 39.
16. Becker R.—J. Med. Electron. Biol. Engin., 1963, 1, 3, 293.
17. Reho V., Nutini L.—Nature, 1963, 198, 4876, 204.
18. Zondek B., Ascheim S.—Klin. Woch., 1926, 5.

Надійшла до редакції
19.II 1968 р.

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТЕЧЕНИЕ БЕРЕМЕННОСТИ И РАЗВИТИЕ ПОТОМСТВА У БЕЛЫХ КРЫС

М. Л. Тараховский, Е. П. Самборская, Т. Д. Задорожная, Э. М. Лихтенштейн

Экспериментальный отдел Киевского института педиатрии, акушерства и гинекологии

Резюме

При воздействии постоянным магнитным полем на крыс в первые 13 дней беременности установлено уменьшение частоты зачатий, наличие резорбций, мертворожденных плодов и, в отдельных случаях, уродств развития.

У самок, оплодотворенных самцами, длительно находившимися под воздействием постоянного магнитного поля, также обнаружены аналогичные нарушения. Установлены выраженные функциональные и морфологические изменения в яичниках, нарастание в весе и гиперплазия коркового слоя надпочечников крыс при длительном воздействии на них постоянного магнитного поля.

Вместе с тем, воздействие постоянного магнитного поля не оказывает отрицательного влияния на развитие потомства в первом поколении.

Полученные данные свидетельствуют об отрицательном гонадотропном и эмбриотропном эффектах у крыс при длительном воздействии на них сравнительно слабого постоянного магнитного поля.

EFFECT OF CONSTANT MAGNETIC FIELD ON THE COURSE OF PREGNANCY AND PROGENY DEVELOPMENT IN ALBINO RATS

M. L. Tarakhovsky, E. P. Samborskaya, T. D. Zadorozhnaya, E. M. Likhtenshtein

Experimental Department Institute of Pediatrics, Obstetrics and Gynaecology, Kiev

Summary

When affecting rats with a constant magnetic field in the first 13 days of pregnancy a decrease in the conception frequency, presence of resorptions, stillborn fetuses and, in some cases, abnormalities in the development were established.

Pronounced functional and morphological changes in ovaries, increase in weight and hyperplasia of the suprarenal cortical layer were found in females impregnated by males which were under the effect of a constant magnetic field for a long time. A constant magnetic field has no negative effect on the development of progeny in the first generation.

A negative gonadotropic and embryotropic effect was established in rats being exposed to the prolonged effect of a comparatively weak constant magnetic field.