Translated from English to Slovak - www.onlinedoctranslator.com

Účinky prenatálneho pulzného elektromagnetického poľa a vystavenia rádiofrekvencii s frekvenciou 27,12 megahertzov na vývoj plodu a stresovú reakciu placenty u potkanov

Gülüm Ceren Bozlu[1,-] Mekin Sezik[1] Rümeysa Taner[2] Halil Asci[3] Adem Milletsever[4] Özlem Özmen[4] Havva Serap Toru Ateser[5] Selçuk Cömlekci[6]

1Oddelenie pôrodníctva a gynekológie, Süleyman Demirel Univerzitná lekárska fakulta, Isparta, Türkiye 2Katedra bioinžinierstva, Inštitút vedy, Süleyman Demirel University, Isparta, Türkiye
3Katedra farmakológie, Fakulta Univerzity Süleymana Demirela medicíny, Isparta, Turecko
4Katedra patológie, Univerzita Burdur Mehmet Akif Ersoy Fakulta veterinárneho lekárstva, Burdur, Türkiye
5Katedra patológie, Lekárska fakulta Univerzity Akdeniz, Antalya, Turecko
6Katedra elektroniky a komunikačného inžinierstva, Süleyman Demirel University Technická fakulta, Isparta, Türkiye

Adresa pre korešpondenciuMekin Sezik, MD, Lekárska fakulta Univerzity Süleymana Demirela, 32260 Cünür, Isparta, Türkiye (e-mail: mekinsezik@sdu.edu.tr).

J Fetálna medicína 2026;13:77–86.

Abstrakt

CieleStimulácia pulzným elektromagnetickým poľom (PEMF) a rádiofrekvenčným elektromagnetickým poľom (RF-EMF) podporuje neovaskularizáciu a angiogenézu a môže mať terapeutický potenciál na prevenciu alebo liečbu skorého nástupu retardácie rastu plodu. Skúmali sme morfologické a histopatologické účinky PEMF a RF-EMF, podávaných samostatne alebo v kombinácii, počas skorého (gestačné dni 0 – 10) a neskorého (dni 10 – 20) tehotenstva na modeli potkanov.

Materiály a metódyTridsaťdva gravidných albínskych potkanov kmeňa Wistar bolo náhodne rozdelených do ôsmich experimentálnych skupín. Zvieratá boli vystavené protokolom PEMF, RF-EMF alebo kombinovaným protokolom EMF počas skorého alebo neskorého tehotenstva. Boli hodnotené fetálne biometrické merania v termíne, histopatologické vyšetrenie orgánov plodu a imunofarbenie placentárneho proteínu tepelného šoku 70 (HSP-70).

VýsledkyHistopatologické vyšetrenie preukázalo normálne tkanivo mozgu, pľúc, pečene, srdca, čriev a obličiek u všetkých plodov, s výnimkou ložísk intrakraniálneho krvácania zistených u dvoch plodov vystavených kombinovanej liečbe EMF. Dĺžka hlavy a temena plodu štandardizovaná podľa hmotnosti plodu a biparietálny priemer boli u plodov vystavených RF-EMF počas skorého tehotenstva signifikantne vyššie ako v ostatných skupinách. Hmotnosť placenty bola v jednotlivých skupinách podobná. U placent vystavených PEMF a RF-EMF počas prvých 10 dní tehotenstva sa pozorovalo intenzívne imunofarbenie HSP-70. Neboli zistené žiadne vonkajšie malformácie ani abnormality kostry.

Kľúčové slová
- plod
- rast plodu obmedzenie
- placenta
- elektromagnetické pole rádiofrekvencia

- Súčasná adresa pre Gülüm Ceren Bozlu oddelenie pôrodníctva a gynekológie, Dr. Ersin Arslan Research and Training Hospital, Gaziantep, Türkiye

článok publikovaný online 31. augusta 2026

DOIhttps://doi.org/10.1055/s-0046-1827815.
ISSN2348-1153.

© 2026. Spoločnosť fetálnej medicíny. Všetky práva vyhradené.
Toto je článok s otvoreným prístupom, ktorý publikoval Thieme podľa podmienok licencie Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, ktorá povoľuje kopírovanie a reprodukciu, pokiaľ je pôvodné dielo riadne uvedené. Obsah sa nesmie používať na komerčné účely, ani sa nesmie upravovať, remixovať, transformovať ani na ňom ďalej stavať. (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Thieme Medical and Scientific Publishers Private Limited, A-13A, Graphix Tower 1, 6. poschodie, sektor 62, Noida 201309, Uttarpradéš, India

ZáverPri použitých expozičných parametroch neboli PEMF a RF-EMF spojené s významnými teratogénnymi účinkami a javili sa ako relatívne bezpečné pre vývoj plodu. Zvýšený rast plodu napriek nezmenenej hmotnosti placenty môže odrážať zvýšenú uteroplacentárnu perfúziu alebo adaptívne stresové reakcie placenty. Potenciálne nepriaznivé účinky kombinovanej expozície EMF na mozog plodu si však vyžadujú ďalšie skúmanie.

Dôsledky pre klinickú praxStarostlivo kontrolované vystavenie PEMF alebo RF-EMF počas tehotenstva môže byť relatívne bezpečným a neteratogénnym prístupom, ktorý by mohol podporiť rast plodu, ale kombinované modality EMF by sa nemali používať, kým nebudú lepšie pochopené potenciálne účinky na mozog plodu.

Úvod

Terapie pulzným elektromagnetickým poľom (PEMF) a rádiofrekvenčným elektromagnetickým poľom (RF-EMF) sa v klinickej praxi čoraz viac používajú ako neinvazívne metódy s hlásenými výhodami v oblasti regenerácie tkanív, angiogenézy, kontroly bolesti a neuromodulácie.[1]Aplikácie elektromagnetických polí (EMF) boli schválené alebo široko používané pri indikáciách, ako je oneskorené hojenie kostí, muskuloskeletálne poruchy, poranenie periférnych nervov a pooperačná liečba bolesti. Napriek ich rozširujúcemu sa terapeutickému využitiu nie sú biologické účinky vystavenia EMF počas tehotenstva dostatočne charakterizované.[2–5]

Tehotenstvo predstavuje jedinečný fyziologický stav, v ktorom môžu materské tkanivá aj vyvíjajúca sa fetoplacentárna jednotka vykazovať zvýšenú citlivosť na vonkajšie fyzikálne podnety. Experimentálne a epidemiologické údaje naznačujú, že vystavenie EMP počas tehotenstva môže ovplyvniť vaskulárnu reguláciu, dráhy oxidačného stresu a bunkové stresové reakcie, no dostupné zistenia sú rôznorodé a často protirečivé.[2, 3, 6, 7]Dôležité je, že načasovanie expozície sa javí ako kritické, pretože skoré tehotenstvo je charakterizované implantáciou, placentáciou a organogenézou, zatiaľ čo neskoré tehotenstvo je charakterizované rastom plodu, dozrievaním a adaptáciou placenty. V dôsledku toho sa potenciálne účinky elektromagnetickej expozície môžu medzi skorým a neskorým tehotenstvom podstatne líšiť.[8–10]

Placenta hrá ústrednú úlohu vo vývoji plodu reguláciou prenosu živín, okysličenia a endokrinnej signalizácie. Jemné poškodenie alebo stres placenty sa nemusí nevyhnutne prejaviť zjavnými malformáciami, ale môže sa prejaviť ako zmenené vzorce rastu plodu alebo adaptívne molekulárne reakcie. Proteíny tepelného šoku, najmä HSP70, sú dobre zavedené markery bunkového stresu, ktoré sú upregulované v reakcii na fyzikálne, chemické a oxidačné stresory. V tehotenstve sa expresia HSP70 spája s vývojom placenty, úspešnosťou implantácie a nepriaznivými pôrodníckymi výsledkami, čo z neho robí relevantný biomarker na hodnotenie subklinického placentárneho stresu.[11, 12]

Hoci boli individuálne účinky expozície PEMF alebo RF-EMF skúmané v rôznych experimentálnych prostrediach, údaje týkajúce sa ich bezpečnosti počas tehotenstva, najmä pokiaľ ide o načasovanie expozície a kombinovanú aplikáciu, sú obmedzené. Okrem toho, len málo štúdií integrovalo podrobnú fetálnu morfometriu, orgánovo špecifickú histopatológiu a imunohistochemické hodnotenie placentárneho stresu do jedného experimentálneho rámca.

Cieľom tejto štúdie bolo vyhodnotiť vplyv PEMF a 27,12 MHz RF-EMF, aplikovaných počas skorého alebo neskorého tehotenstva, na morfológiu plodu, histológiu vnútorných orgánov a expresiu HSP70 v placentárnom tkanive u gravidných potkanov. Porovnaním izolovaných a kombinovaných expozičných protokolov v rôznych gestačných obdobiach sme sa snažili objasniť, či tieto bežne používané elektromagnetické modality majú teratogénne účinky alebo indukujú merateľné stresové reakcie placenty relevantné pre bezpečnosť matky a plodu.

Materiály a metódy

Návrh štúdie a etické schválenie

Táto experimentálna štúdia bola vykonaná s použitím modelu gravidných potkanov s cieľom vyhodnotiť účinky vystavenia PEMF a RF-EMF počas rôznych gestačných období. Všetky experimentálne postupy zahŕňajúce zvieratá boli preskúmané a schválené miestnou etickou komisiou pre experimenty na zvieratách Univerzity Burdur Mehmet Akif Ersoy (číslo schválenia: 978). Všetky experimenty boli vykonané v súlade s inštitucionálnymi smernicami a medzinárodnými štandardmi pre starostlivosť o laboratórne zvieratá a ich používanie.

Zvieratá a podmienky bývania

Z univerzitného výskumného zariadenia pre zvieratá bolo získaných tridsaťdva dospelých samíc albínskych potkanov kmeňa Wistar (s hmotnosťou 200 – 350 g). Zvieratá boli chované v kontrolovaných podmienkach prostredia (teplota 22 – 2 °C, relatívna vlhkosť 40 – 10 %, 12-hodinový cyklus svetlo/tma) s voľným prístupom k štandardnému laboratórnemu krmivu a vode. Potkany boli aklimatizované najmenej 1 týždeň pred začiatkom experimentálnych postupov.

Postup párenia a potvrdenie tehotenstva

Estrálne cykly boli monitorované denným vyšetrením vaginálneho steru. Samice v estrálnej fáze boli cez noc umiestnené s preukázateľne plodnými samcami potkanov v pomere 2:1. Prítomnosť spermií vo vaginálnom stere nasledujúce ráno bola akceptovaná ako potvrdenie párenia a označená ako gestačný deň (GD) 0.

 © 2026. Spoločnosť fetálnej medicíny. Všetky práva vyhradené.

Tabuľka 1Experimentálne skupiny a expozičné protokoly

Skupina	Typ expozície	Gestačné obdobie	Parametre expozície
Ovládanie	Žiadne		Žiadny zásah
Predstieranie	Falošné odhalenie	GD 1–20	Expozičný prístroj bez aktivácie
PEMF-skorý	PEMF	GD 1–10	0,5 mT, 1 s zapnuté/1 s vypnuté, 24 hodín denne
PEMF-neskoro	PEMF	GD 11–20	0,5 mT, 1 s zapnuté/1 s vypnuté, 24 hodín denne
RF-skorý	RF-EMF	GD 1–10	27,12 MHz, 10 V/m, 30 min zapnuté/90 min vypnuté
RF-neskoro	RF-EMF	GD 11–20	27,12 MHz, 10 V/m, 30 min zapnuté/90 min vypnuté
Kombinované-skoré	PEMFþRF-EMF	GD 1–10	Súbežné protokoly PEMF a RF
Kombinované-neskoré	PEMFþRF-EMF	GD 11–20	Súbežné protokoly PEMF a RF

Skratky: EMF, elektromagnetické pole; GD, deň tehotenstva; PEMF, pulzné elektromagnetické pole; RF, rádiofrekvencia.

Veľkosť vzorky a experimentálne skupiny

Výpočet veľkosti vzorky sa vykonal na základe predchádzajúcich experimentálnych údajov za predpokladu chyby typu I 0,05 a štatistickej sily 80 %. Bolo potrebné minimálne 12 plodov na skupinu; preto boli do každej skupiny pridelené štyri gravidné potkany, aby sa kompenzovala variabilita v rámci litra. Zvieratá boli náhodne rozdelené do ôsmich experimentálnych skupín podľa spôsobu expozície a načasovania gestácie, ako je zhrnuté v►Tabuľka 1.

Systém expozície pulzným elektromagnetickým poľom

Expozícia PEMF bola aplikovaná pomocou špeciálne navrhnutého elektromagnetického cievkového systému integrovaného do klietok pre zvieratá. Systém generoval intenzitu magnetického poľa 0,5 mT, aplikovanú ako pulzná stimulácia s pracovným cyklom 1 sekunda zapnutia a 1 sekunda vypnutia. Expozícia PEMF bola aplikovaná nepretržite (24 hodín denne) počas stanoveného expozičného obdobia. Intenzita magnetického poľa bola overená pomocou kalibrovaného gaussmetra pred a počas experimentov, aby sa zabezpečila stabilita a rovnomernosť poľa.

Systém expozície rádiofrekvenčnému elektromagnetickému poľu

Expozícia RF-EMF bola generovaná pomocou rádiofrekvenčného oscilátora pracujúceho na frekvencii 27,12 MHz, pripojeného k zosilňovaču a prenosovému systému umiestnenému vedľa klietok. Cieľová hustota elektrického poľa bola nastavená na 10 V/m a potvrdená pomocou meracej sondy EMF. Expozícia RF-EMF bola aplikovaná prerušovane, s cyklami 30 minút zapnutia a 90 minút vypnutia, pričom sa opakovanie prebiehalo nepretržite počas celého prideleného gestačného expozičného okna.

Protokol kombinovanej expozície

V kombinovaných expozičných skupinách fungovali systémy PEMF a RF-EMF súbežne podľa rovnakých parametrov použitých v izolovaných expozičných skupinách. Zvieratá boli vystavené kontinuálnej stimulácii PEMF a prerušovaným cyklom RF-EMF súčasne počas určeného skorého alebo neskorého gestačného obdobia.

Monitorovanie matky a kontrola teploty

Aby sa vylúčili potenciálne tepelné účinky, rektálna teplota matky sa merala v pravidelných intervaloch počas expozičného obdobia pomocou digitálneho teplomeru. V žiadnej skupine sa nepozorovalo žiadne významné zvýšenie teploty.

Hysterotómia a odber tkaniva

V deň 20. gestačného dňa boli gravidné potkany anestetizované intraperitoneálnou injekciou ketamín hydrochloridu (50 mg/kg) a xylazín hydrochloridu (10 mg/kg). Dostatočná hĺbka anestézie bola potvrdená absenciou reflexu stiahnutia pedálu.

Následne sa vykonal cisársky rez stredovou laparotómiou za sterilných podmienok. Plody a placenty boli starostlivo vybraté, spočítané a vyšetrené. Z každej matky boli náhodne vybrané najmenej štyri plody a im zodpovedajúce placenty na podrobné morfometrické, histopatologické a imunohistochemické analýzy.

Fetálne morfometrické vyhodnotenie

Morfometrické vyšetrenie plodu sa vykonalo bezprostredne po cisárskom reze. Každý vybraný plod sa odvážil pomocou presnej digitálnej váhy. Lineárne merania sa získali digitálnym kaliperom jedným výskumníkom, ktorý nebol informovaný o rozdelení do skupín. Aby sa minimalizovala variabilita medzi vrhmi, všetky lineárne merania boli štandardizované na telesnú hmotnosť plodu.

Zaznamenávali sa nasledujúce parametre: dĺžka od temena k zadku, dĺžka od lakťa po labku, dĺžka od kolena po pätu a dĺžka chodidla. Kraniofaciálne merania zahŕňali dĺžku od nosa k tylovému hrboľatu, dĺžku od brady k tylovému hrboľatu, dĺžku od nosa k uchu, dĺžku od brady k uchu, dĺžku nosa a dĺžku brady. Lebečné rozmery boli ďalej hodnotené meraním biparietálneho priemeru a vzdialenosti vnútorného očného kútika.

Histopatologické vyšetrenie

Orgány plodu (mozog, srdce, pľúca, pečeň, obličky, črevo a pankreas) a tkanivá placenty boli fixované v 10 % neutrálnom pufrovanom formalíne, rutinným spôsobom spracované a zaliate do parafínu. Rezy s hrúbkou 4 až 5 µm boli zafarbené hematoxylínom a eozínom a vyšetrené pod svetelnou mikroskopiou skúseným patológom, ktorý nebol informovaný o rozdelení do skupín. Hodnotenie placenty sa vykonalo podľa Amsterdamských kritérií.

Imunohistochemická analýza HSP70

Placentárne rezy boli podrobené imunohistochemickému farbeniu na HSP70 s použitím štandardného streptavidín-biotínového farbiva.

 © 2026. Spoločnosť fetálnej medicíny. Všetky práva vyhradené.

peroxidázovou technikou. Intenzita a distribúcia farbenia boli semikvantitatívne hodnotené v rôznych placentárnych zónach (labyrint, bazálna zóna a žĺtkový vak). Výsledky boli vyjadrené ako percento trofoblastových buniek vykazujúcich slabú alebo silnú cytoplazmatickú imunoreaktivitu.

Štatistické analýzy

Štatistické analýzy boli vykonané pomocou softvéru SPSS (verzia 27.0; IBM Corp., Armonk, New York, Spojené štáty). Normalita distribúcie údajov bola posúdená vizuálnou kontrolou histogramov a vyhodnotením hodnôt šikmosti a špicatosti pre každý parameter. Koeficienty šikmosti a špicatosti boli vypočítané na potvrdenie približného normálneho rozdelenia.

Pre štandardizáciu fetálnej biometrickej hodnoty boli morfometrické merania normalizované vydelením každej hodnoty hmotnosťou plodu a hmotnosťou placenty podľa potreby. Keďže sa ukázalo, že spojité premenné majú normálne rozdelenie, porovnania medzi experimentálnymi skupinami sa vykonali pomocou jednosmernej analýzy rozptylu. Post hoc viacnásobné porovnania sa vykonali pomocou Tukeyho testu.

Porovnania stupňov imunohistochemického farbenia sa uskutočnili pomocou chí-kvadrát testov v kontingenčných tabuľkách s viacerými bunkami. Ap-Hodnota <0,05 bola považovaná za štatisticky významnú vo všetkých analýzach.

Výsledky

Študijná populácia a analyzované vzorky

Do štúdie bolo zahrnutých celkovo 32 gravidných potkanov, pričom do každej experimentálnej skupiny bolo pridelených 3 až 5 matiek. Všetky gravidity pokračovali do termínu a u všetkých zvierat bol cisársky rez úspešne vykonaný v 20. deň tehotenstva. Nebola pozorovaná žiadna úmrtnosť matiek.

Celkovo bolo zo všetkých skupín získaných 339 plodov a im zodpovedajúcich placent. Z nich bolo 178 plodov a 178 placent náhodne vybraných a zahrnutých do podrobných morfometrických, histopatologických a imunohistochemických analýz. Počet gravidných potkanov v skupine, ako aj počet získaných a analyzovaných plodov a placent, je zhrnutý v► Tabuľka 2.

Materské parametre

Merania rektálnej teploty matky zostali počas celého obdobia expozície vo fyziologickom rozmedzí. Medzi experimentálnymi skupinami neboli pozorované žiadne štatisticky významné rozdiely v teplote matky, čo naznačuje absenciu detekovateľných tepelných účinkov súvisiacich s expozíciou EMF.

Hmotnosť plodu

Priemerné hmotnosti plodov v experimentálnych skupinách sú uvedené v►Tabuľka 3Medzi skupinami sa pozorovali významné rozdiely v hmotnosti plodu. V porovnaní s kontrolnou skupinou sa hmotnosť plodu významne líšila v skupinách s placebom, s RF včasným a kombinovaným skorým obdobím. V porovnaní so skupinou s placebom sa zistili významné rozdiely v skupinách s PEMF včasným, PEMF neskorým, RF včasným, RF neskorým a kombinovaným neskorým obdobím.

Tabuľka 2Študijná populácia a počet plodov a placent získaných a analyzovaných v každej experimentálnej skupine

Skupina	Tehotná potkany (n)	Plody/ placenty získané (n)	Plody/ placenty analyzované (n)
Ovládanie	3	22/22	21/21
Predstieranie	3	24/24	20/20
PEMF-skorý	5	62/62	24/24
PEMF-neskoro	4	43/43	22/22
RF-skorý	4	42/42	30/30
RF-neskoro	5	46/46	20/20
Kombinované-skoré	4	51/51	20/20
Kombinované-neskoré	4	49/49	21/21
Celkom	32	339/339	178/178

Skratky: PEMF, pulzné elektromagnetické pole; RF, rádiofrekvencia.

Fetálne morfometrické výsledky

Morfometrické merania plodu štandardizované vydelením každého parametra hmotnosťou plodu sú uvedené v►Tabuľka 4Pri vyjadrení v milimetroch na gram (mm/g) sa medzi experimentálnymi skupinami pozorovali významné rozdiely vo viacerých axiálnych, apendikulárnych a kraniofaciálnych parametroch.

V porovnaní s kontrolnou skupinou a skupinou so simulovanou štúdiou preukázali skupiny s včasnou expozíciou významné rozdiely v niekoľkých meraniach dĺžky plodu, vrátane dĺžky od temena po kostrč, dĺžky končatín a vybraných kraniofaciálnych rozmerov. Najmä skorá expozícia RF bola spojená s významnými rozdielmi v širokom rozsahu štandardizovaných morfometrických parametrov v porovnaní s oboma referenčnými skupinami.

Skupiny s neskoršou expozíciou vo všeobecnosti vykazovali menej významných rozdielov, pričom niekoľko meraní zostalo porovnateľných s kontrolnými a simulovanými hodnotami. Nie všetky morfometrické parametre boli v skupinách rovnomerne ovplyvnené, čo naznačuje variabilitu štandardizovaných vzorcov rastu plodu špecifickú pre jednotlivé parametre.

Tabuľka 3Merania hmotnosti plodu v experimentálnych skupinách

Skupina	Hmotnosť plodu (g), priemer -SD
Ovládanie	2,76 -0,96b
Predstieranie	4,10 -0,31a
PEMF-skorý	2,48 -0,53b
PEMF-neskoro	2,36 -0,37b
RF-skorý	1,65 -0,34brušné svaly
RF-neskoro	2,99 -1,09b
Kombinované-skoré	3,83 -1,98a
Kombinované-neskoré	3,33 -0,41b

Skratky: PEMF, pulzné elektromagnetické pole; RF, rádiofrekvencia; SD, štandardná odchýlka.

Poznámka: Hodnoty sú vyjadrené ako priemer – štandardná odchýlka.

ap <0,05 v porovnaní s kontrolnou skupinou.

bp <0,05 v porovnaní so skupinou so simulovanou štúdiou (jednofaktorová analýza rozptylu [ANOVA] s Tukeyho post hoc testom).

 © 2026. Spoločnosť fetálnej medicíny. Všetky práva vyhradené.

Tabuľka 4Morfometrické merania štandardizované podľa hmotnosti plodu v experimentálnych skupinách (mm/g)

Parameter (mm/g)	Ovládanie	Predstieranie	PEMF-skorý	PEMF-neskoro	RF-skorý	RF-neskoro	Kombinované-skoré	Kombinované-neskoré
Dĺžka od temena po kostrč	11,54 -3,11[b]	8,48 -0,52[a]	11,60 -1,75[b]	11,72 -1,28[b]	14,60 -1,92brušné svaly	10,91 -2,12[b]	9,26 -1,67[a]	9,74 -0,72[a]
Dĺžka od lakťa po labku	3,09 -0,93[b]	2,04 -0,40[a]	2,90 -0,66[b]	2,73 -0,57[b]	3,96 -0,85brušné svaly	2,90 -0,72[b]	2,30 -0,48[a]	2,45 -0,32[a]
Dĺžka od kolena po pätu	2,25 -0,57[b]	1,61 -0,17[a]	2,15 -0,42[b]	2,19 -0,36[b]	2,71 -0,43brušné svaly	1,96 -0,34	1,80 -0,28[a]	1,92 -0,15
Dĺžka chodidla	2,30 -0,66[b]	1,71 -0,13[a]	2,35 -0,44[b]	2,12 -0,35[b]	3,04 -0,48brušné svaly	2,20 -0,50[b]	1,82 -0,25[a]	2,00 -0,25
Biparietálny priemer	3,13 -0,82[b]	2,13 -0,17[a]	3,30 -0,67[b]	3,34 -0,71[b]	4,37 -0,74brušné svaly	3,07 -0,71[b]	2,38 -0,37[a]	2,53 -0,30[a]
Vnútorná vzdialenosť medzi očnými cípmi	2,24 -0,75[b]	1,52 -0,14[a]	2,20 -0,36[b]	2,17 -0,30[b]	2,80 -0,41brušné svaly	1,98 -0,46[b]	1,61 -0,36[a]	1,78 -0,18
Dĺžka od nosovej kosťovej kosti	4,96 -1,64[b]	3,53 -0,23[a]	4,56 -0,99	4,68 -0,67[b]	6,09 -0,94brušné svaly	4,67 -1,16[b]	3,75 -0,90[a]	4,17 -0,38
Dĺžka brady a tylového kĺbu	4,68 -1,31[b]	3,30 -0,19[a]	4,85 -0,95	4,71 -0,67[b]	6,43 -1,00brušné svaly	4,43 -1,08[b]	3,62 -0,83[a]	3,96 -0,39
Dĺžka od nosa k uchu	3,76 -1,00[b]	2,80 -1,18[a]	3,87 -0,87[b]	3,86 -0,35[b]	5,02 -0,81brušné svaly	3,73 -0,80[b]	3,06 -0,62[a]	3,37 -0,31
Dĺžka od brady po ucho	3,24 -0,70[b]	2,60 -0,18[a]	3,64 -0,57	3,48 -0,43[b]	4,52 -0,73brušné svaly	3,36 -0,64[b]	2,79 -0,56	3,02 -0,30
Dĺžka nosa	1,32 -0,43[b]	0,96 -0,11[a]	1,01 -0,24[a]	1,19 -0,27	1,28 -0,27[b]	1,30 -0,30[b]	1,11 -0,21	1,20 -0,12
Dĺžka brady	1,58 -0,47[b]	1,18 -0,10[a]	1,42 -0,40	1,44 -0,18	1,83 -0,47[b]	1,47 -0,29	1,26 -0,23[a]	1,39 -0,14

Skratky: PEMF, pulzné elektromagnetické pole; RF, rádiofrekvencia.

Poznámka: Hodnoty sú vyjadrené ako priemer – štandardná odchýlka. Všetky morfometrické merania boli štandardizované na hmotnosť plodu a vyjadrené v milimetroch na gram (mm/g).

[a]p <0,05 v porovnaní s kontrolnou skupinou.

[b]p <0,05 v porovnaní so skupinou so simulovanou štúdiou (jednofaktorová analýza rozptylu [ANOVA] s Tukeyho post hoc testom).

 © 2026. Spoločnosť fetálnej medicíny. Všetky práva vyhradené.

Placentárne morfometrické výsledky

Hmotnosť placenty a hmotnostne štandardizované morfometrické parametre placenty sú zhrnuté v►Tabuľka 5Hmotnosť placenty sa medzi experimentálnymi skupinami významne líšila, pričom významné rozdiely boli pozorované predovšetkým vo vzťahu k skupine so simulovanou štúdiou.

Keď boli rozmery placenty štandardizované na hmotnosť placenty a vyjadrené v milimetroch na gram (mm/g), boli identifikované významné rozdiely závislé od skupiny v meraniach krátkeho priemeru, dlhého priemeru a hrúbky. Tieto rozdiely boli výraznejšie vo vybraných skupinách s včasnou a kombinovanou expozíciou, zatiaľ čo iné skupiny vykazovali hodnoty porovnateľné s kontrolnou a kontrolnou skupinou.

Histopatologické nálezy

Histopatologické vyšetrenie orgánov plodu vrátane mozgu, srdca, pľúc, pečene, obličiek, čriev a pankreasu neodhalilo žiadne abnormálne nálezy v kontrolnej skupine, skupine so simulovanou transkripciou (PEMFEarly), skupine s PEMF-neskoro, skupine s RF-skoro a skupine s RF-neskoro. Architektúra tkaniva bola zachovaná vo všetkých vyšetrených orgánoch a neboli zistené žiadne známky zápalu, nekrózy alebo štrukturálnej malformácie.

V kombinovaných expozičných skupinách histopatologické vyšetrenie preukázalo u väčšiny plodov normálne nálezy. V mozgovom tkanive jedného plodu v kombinovanej skupine s včasným vývojom a jedného plodu v kombinovanej skupine s neskorým vývojom sa však pozorovala fokálna intrakraniálna hemoragická oblasť. V iných orgánoch plodu sa v týchto skupinách nezistili žiadne ďalšie histopatologické abnormality (►Obr. 1).

Imunohistochemické nálezy

Imunoreaktivita placentárneho HSP70 v rámci vopred definovaných oblastí placenty je zhrnutá v►Tabuľka 6V labyrintovej zóne a žĺtkovom vaku boli u experimentálnych skupín pozorované odlišné vzory sfarbenia.

V kontrolnej a simulovanej skupine bolo farbenie HSP70 v labyrintovej zóne charakterizované slabou imunoreaktivitou v trofoblastoch v blízkosti centrálnej zóny a silnou imunoreaktivitou v trofoblastoch susediacich s bazálnou zónou bez dôkazu difúzneho trofoblastového farbenia. Naproti tomu difúzne trofoblastové farbenie HSP70 v labyrintovej zóne bolo prevažne pozorované v skupinách s PEMF-skorým, RF-skorým a RF-neskorým (►Obr. 2).

V žĺtkovom vaku bola silná imunoreaktivita HSP70 častejšie detegovaná v skupinách s PEMF-skoro a RF-skoro, zatiaľ čo v ostatných experimentálnych skupinách boli pozorované slabšie alebo chýbajúce vzory farbenia. V bazálnej zóne nebola v žiadnej z experimentálnych skupín detegovaná imunoreaktivita HSP70 (►Obr. 2).

Celkovo sa distribúcia imunofarbenia HSP70 medzi skupinami v labyrintovej zóne a žĺtkovom vaku významne líšila, ako preukázala chí-kvadrát analýza (►Tabuľka 6).

Diskusia

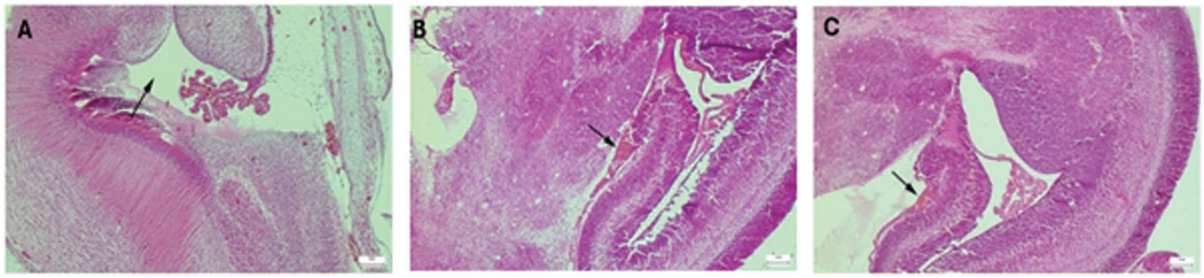
Táto štúdia hodnotila bezpečnosť vystavenia PEMF a RF-EMF počas tehotenstva skúmaním fetálnych a placentárnych výsledkov u gravidných potkanov. Hoci expozícia založená na EMF

Tabuľka 5Hmotnosť placenty a hmotnostne štandardizované morfometrické parametre placenty v experimentálnych skupinách

Parameter	Ovládanie	Predstieranie	PEMF-skorý	PEMF-neskoro	RF-skorý	RF-neskoro	Kombinované-skoré	Kombinované-neskoré
Hmotnosť placenty (g)	0,61 -0,10[b]	0,76 -0,13[a]	0,71 -0,09	0,51 -0,07[b]	0,62 -0,10[b]	0,58 -0,15[b]	0,51 – 0,06[b]	0,53 -0,10[b]
Krátky priemer	18,34 -2,05	15,94 -2,94	16,60 -2,46	22,50 -3,44brušné svaly	18,71 -2,83[b]	22,26 -4,34brušné svaly	23,41 -2,65brušné svaly	22,20 -2,78brušné svaly
Dlhý priemer	21,77 -2,31	18,85 -3,94	19,94 -3,11	27,47 -4,76brušné svaly	22,78 -4,04[b]	26,28 -5,43brušné svaly	28,69 -3,90brušné svaly	26,33 -3,71brušné svaly
Hrúbka	6,64 -1,06	7,33 -1,66	7,57 -0,97	8,46 -1,01[a]	8,47 -0,96[a]	6,62 -1,36	8,42 -3,34[a]	7,10 -0,91

Skratky: PEMF, pulzné elektromagnetické pole; RF, rádiofrekvencia.
Poznámka: Hodnoty sú vyjadrené ako priemer – štandardná odchýlka. Priemery a hrúbka placenty boli štandardizované vydelením každého merania hmotnosťou placenty a vyjadrené v milimetroch na gram (mm/g).
[a]p <0,05 v porovnaní s kontrolnou skupinou.
[b]p <0,05 v porovnaní so skupinou so simulovanou štúdiou (jednofaktorová analýza rozptylu [ANOVA] s Tukeyho post hoc testom).

 © 2026. Spoločnosť fetálnej medicíny. Všetky práva vyhradené.



Obr. 1Reprezentatívne histopatologické snímky mozgového tkaniva plodu.A)Normálna architektúra mozgu plodu v kontrolnej skupine. (B)Fokálne intrakraniálne krvácanie u plodu z kombinovanej skupiny s včasnou expozíciou (šípka). (C)Fokálne intrakraniálne krvácanie u plodu z kombinovanej skupiny s neskorou expozíciou (šípka). Farbenie hematoxylínom a eozínom; mierka¼200 µm.

Hoci boli navrhnuté aplikácie ako potenciálne terapeutické prístupy na zlepšenie uteroplacentárnej perfúzie a zníženie komplikácií súvisiacich s tehotenstvom, ich bezpečnosť počas tehotenstva musí byť jasne stanovená. Preto táto pilotná štúdia na zvieratách skúmala, či vystavenie PEMF a/alebo RF-EMF počas skorého a neskorého tehotenstva vyvoláva nežiaduce účinky na plod alebo placentu.

Nulová hypotéza predpokladala, že denné vystavenie PEMF a/alebo RF-EMF nebude mať za následok nepriaznivé zmeny v orgánoch plodu alebo placentárnom tkanive, zatiaľ čo alternatívna hypotéza predpokladala potenciálne zmeny plodu alebo placenty. Naše zistenia čiastočne podporujú obe hypotézy. Neboli pozorované žiadne dôkazy o závažných malformáciách plodu ani závažných štrukturálnych abnormalitách, čo naznačuje absenciu teratogénnych účinkov pri použitých expozičných parametroch. Zvýšená expresia HSP70 v placente však naznačovala merateľnú stresovú reakciu placenty.

Predchádzajúce štúdie uvádzali nekonzistentné výsledky týkajúce sa vystavenia EMF počas tehotenstva. Aktivácia signálnych dráh súvisiacich so stresom a zvýšená expresia HSP70 po vystavení RF-EMF boli preukázané na endotelových a bezstavovcových modeloch,[13 – 15]zatiaľ čo iné výskumy nezaznamenali žiadne významné zmeny v expresii stresových proteínov za rôznych expozičných podmienok.[16 – 18]

Podobne experimentálne štúdie hodnotiace vystavenie embryonálneho a fetálneho elektromagnetického žiarenia priniesli variabilné výsledky bez konzistentných dôkazov o teratogenite alebo vývojovej toxicite.[19,20]

Niekoľko štúdií na zvieratách zaznamenalo obmedzenie rastu plodu alebo zvýšenú mieru resorpcie po vystavení elektromagnetickým poliam v ranom štádiu tehotenstva.[21 – 23]zatiaľ čo iní nezistili žiadne významné účinky na implantáciu, životaschopnosť plodu alebo vrodené anomálie.[21]Naproti tomu naša štúdia preukázala relatívne zvýšené biometrické parametre plodu, najmä po expozícii RF-EMF, čo naznačuje, že určité spôsoby expozície môžu za špecifických experimentálnych podmienok zvýšiť rast plodu.

Napriek zvýšenému rastu plodu, súčasné zvýšenie expresie placentárneho HSP70 naznačuje, že tento účinok môže byť sprevádzaný placentárnym stresom alebo subklinickou dysfunkciou. Podobná disociácia medzi nadmerným rastom plodu a placentárnym stresom bola opísaná u diabetických tehotenstiev, kde zmenená placentárna signalizácia prispieva k zrýchlenému rastu plodu napriek zhoršenej funkcii placenty.[24,25]Expozícia EMF teda môže vyvolať kompenzačné placentárne mechanizmy, ktoré podporujú rast plodu a zároveň zvyšujú placentárny stres.

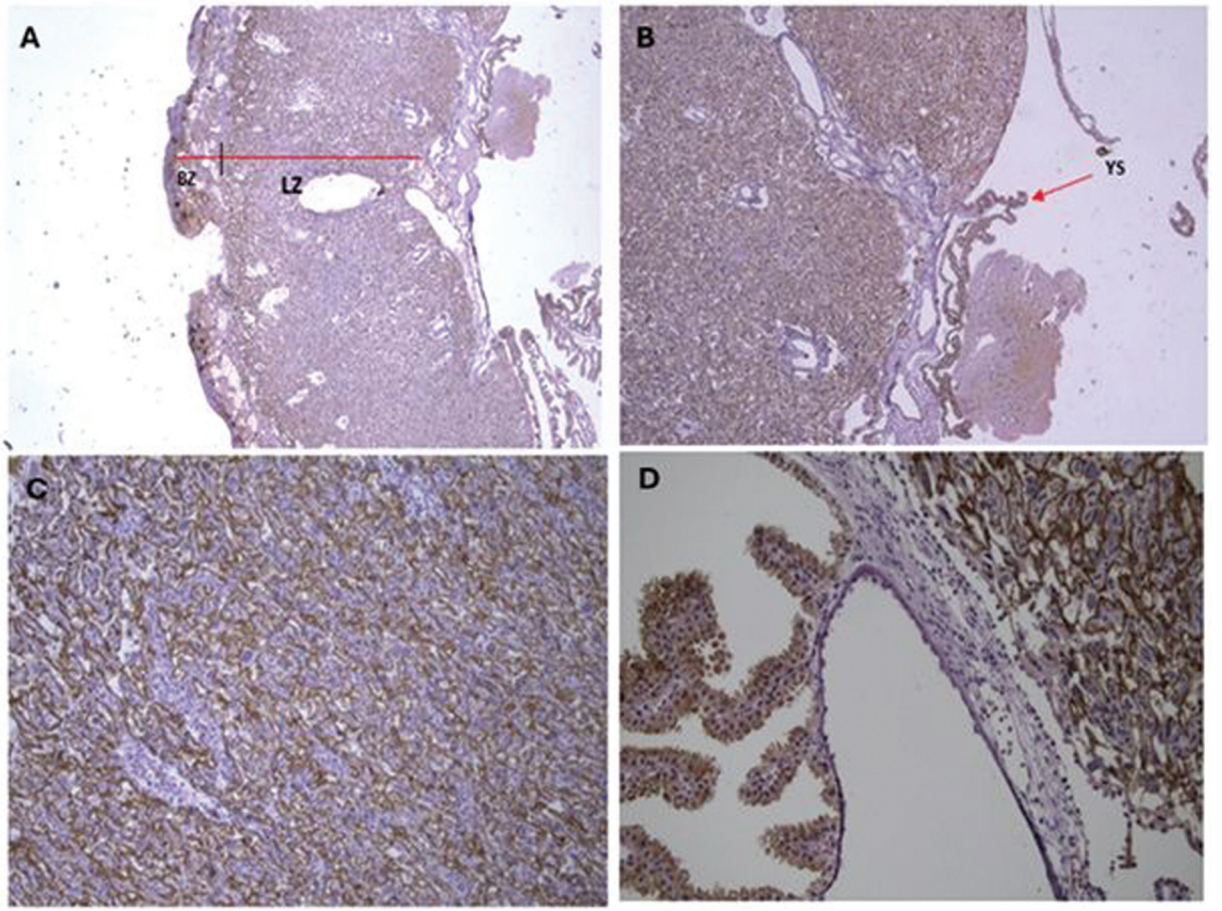
Vo fyzioterapeutickej praxi sa používajú zariadenia na krátkovlnnú diatermiu (SWD) pracujúce na frekvencii 27,12 MHz (podobné tým, ktoré sa používajú v našich

Tabuľka 6Distribúcia imunoreaktivity placentárneho HSP70 v experimentálnych skupinách

Skupina	Difúzny trofoblastický farbenie v LZ, % (n/spolu)	Slabé farbenie v trofoblasty v blízkosti centrálna zóna LZ, % (n/spolu)	Silné zafarbenie v trofoblasty v blízkosti bazálna zóna LZ, % (n/spolu)	Slabé farbenie v žĺtkovom vaku, % (n/spolu)	Silné farbenie v žĺtkovom vaku, % (n/spolu)
Ovládanie		100 (9/9)	100 (9/9)	11,1 (1/9)	22,2 (2/9)
Predstieranie		100 (9/9)	100 (9/9)	22,2 (2/9)	55,6 (5/9)
PEMF-skorý	80,0 (4/5)	20,0 (1/5)	20,0 (1/5)	20,0 (1/5)	80,0 (4/5)
PEMF-neskoro	20,0 (2/10)	80,0 (8/10)	80,0 (8/10)		50,0 (5/10)
RF-skorý	100 (5/5)				100 (5/5)
RF-neskoro	100 (10/10)				30,0 (3/10)
Kombinované-skoré	44,4 (2/9)	55,6 (5/9)	55,6 (5/9)		11,1 (1/9)
Kombinované-neskoré	22,2 (2/9)	77,8 (7/9)	77,8 (7/9)		22,2 (2/9)
p-Hodnota	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	0,007

Skratky: HSP70, proteín tepelného šoku 70; LZ, labyrintová zóna; PEMF, pulzné elektromagnetické pole; RF, rádiofrekvencia.

 © 2026. Spoločnosť fetálnej medicíny. Všetky práva vyhradené.



Obr. 2Reprezentatívne imunohistochemické vzory farbenia proteínu tepelného šoku 70 (HSP70) v placentárnom tkanive (imunohistochemické farbenie HSP70, pôvodné zväčšenie 200-krát).A)Simulovaná skupina vykazujúca slabú imunoreaktivitu HSP70 v bazálnej zóne (BZ) a labyrintovej zóne (LZ).B) Simulovaná skupina preukazujúca slabú imunoreaktivitu HSP70 v žĺtkovom vaku.C)Skupina s rádiofrekvenčnou (RF) skorou (RF-10) analýzou vykazujúca difúzne a silné trofoblastické farbenie HSP70 v labyrintovej zóne (LZ).D)Skupina s RF-skorou sériou (RF-10) vykazujúca silnú imunoreaktivitu HSP70 v žĺtkovom vaku.

dizajn) patria medzi najčastejšie zdroje vystavenia RF-EMF na pracovisku. Niekoľko epidemiologických štúdií naznačilo súvislosti medzi vystavením matky pracovnému stresu a nepriaznivými reprodukčnými výsledkami vrátane oneskoreného počatia, spontánneho potratu, vrodených anomálií, nízkej pôrodnej hmotnosti a mŕtvo narodeného dieťaťa.26 – 28Následné systematické prehľady však priniesli nekonzistentné zistenia a dospeli k záveru, že súčasné dôkazy stále nepostačujú na preukázanie kauzálnej súvislosti medzi vystavením RF-EMF a nepriaznivými výsledkami v tehotenstve.29,30

Hoci naše experimentálne zistenia naznačujú, že vystavenie elektromagnetickým poliam môže ovplyvniť vývoj plodu, klinický význam pre tehotenstvo u ľudí zostáva neistý. Nedávna metaanalýza31uviedli súvislosť medzi prenatálnou expozíciou EMF a zvýšeným rizikom skorého potratu a abnormalít plodu alebo detstva, hoci istota dôkazov bola obmedzená značnou heterogenitou medzi zahrnutými štúdiami. Ďalšie nedávne prehľady32,33tiež naznačili možné súvislosti s vrodenými anomáliami, retardáciou rastu plodu a nepriaznivými perinatálnymi výsledkami, ale zdôraznili, že dostupné dôkazy u ľudí zostávajú nekonzistentné a prevažne observačné. Pozorované účinky by sa preto mohli interpretovať ako dôkaz... potenciálnu biologickú reakciu na vystavenie elektromagnetickým poliam, a nie priamy znak klinicky významného poškodenia u ľudí.

Naša štúdia má niekoľko obmedzení. Hoci v našom dizajne neboli identifikované žiadne teratogénne účinky, obmedzená veľkosť vzorky môže obmedziť detekciu zriedkavých anomálií. Okrem toho sa placentárne hodnotenie obmedzilo na expresiu HSP70 a ďalšie zápalové markery, markery oxidačného stresu alebo poškodenia deoxyribonukleovej kyseliny neboli hodnotené. Taktiež sme nehodnotili expresiu fetoplacentárnych génov a dlhodobé výsledky, ako sú poruchy vývoja plodu a karcinogenita u potomstva. Preto sú na ďalšie objasnenie biologických účinkov expozície PEMF a RF-EMF počas tehotenstva opodstatnené budúce štúdie zahŕňajúce väčšie veľkosti vzoriek, alternatívne paradigmy expozície a komplexné analýzy placenty s údajmi o dlhodobých výsledkoch.34,35

Záver

Pri aplikovaných expozičných dávkach PEMF a RF-EMF nespôsobili zjavné poškodenie plodu ani teratogénne účinky. Kombinovaná expozícia si však vyžaduje ďalšie skúmanie, najmä pokiaľ ide o potenciálne účinky na mozgové tkanivo plodu. Hoci hmotnosť placenty nebola významne zmenená, včasné

 © 2026. Spoločnosť fetálnej medicíny. Všetky práva vyhradené.

Expozícia gestačného EMF bola spojená so zvýšenými biometrickými parametrami plodu, ktorých význam si vyžaduje ďalšie objasnenie. Pozorované zvýšenie expresie placentárneho HSP70 naznačuje stresovú reakciu placenty, čo zdôrazňuje potrebu podrobnejších analýz placenty v budúcich štúdiách. Celkovo tieto zistenia nepostačujú na vyvodenie konkrétneho záveru, ale poskytujú predbežné údaje o bezpečnosti, ktoré podporujú ďalšie experimentálne hodnotenie intervencií založených na EMF počas tehotenstva, najmä pri obmedzení rastu plodu.

Prezentácia

Časť údajov bola publikovaná ako akademická dizertačná práca (GC Bozlu) a prezentovaná ako ústna prezentácia na 34. svetovom kongrese ISUOG o ultrazvuku v pôrodníctve a gynekológii, 15. – 18. septembra 2024 v Budapešti v Maďarsku.

Príspevky autorov

GCB: Konceptualizácia, metodológia, výskum, experimentálne postupy, kurácia údajov, formálna analýza, písanie – pôvodný návrh, vizualizácia a administrácia projektu.
MS: Konceptualizácia, metodológia, supervízia, písanie – kontrola a úprava a validácia.
RT: Výskum, experimentálna podpora, kurátorstvo údajov, technická podpora, validácia a písanie – kontrola a editácia.
HA: Konceptualizácia, experimentálny návrh, metodológia, mentorstvo a písanie – kontrola a editácia.
AM: Histopatologické vyšetrenie, spracovanie údajov a validácia.
OO: Dohľad nad patológiou, metodické vedenie a validácia.

HSTA: Histopatologické hodnotenie, definícia hodnotiacich kritérií, metodologický vstup a validácia. SC: Návrh a výroba zariadení, technická inštrumentácia, metodika, technická podpora a vizualizácia.

Etické schválenie

Všetky experimentálne postupy zahŕňajúce zvieratá boli preskúmané a schválené miestnou etickou komisiou pre experimenty na zvieratách Univerzity Burdur Mehmet Akif Ersoy (číslo schválenia: 978). Všetky experimenty boli vykonané v súlade s inštitucionálnymi smernicami a medzinárodnými štandardmi pre starostlivosť o laboratórne zvieratá a ich používanie.

Vyhlásenie o používaní GenAI

Počas prípravy tejto práce autori použili ChatGPT 5.2 na jazykový preklad a na skrátenie pôvodného rukopisu, ktorý napísali autori. Po použití tohto nástroja/služby autori podrobne skontrolovali a upravili obsah a preberajú plnú zodpovednosť za obsah publikovaného článku.

Financovanie

Túto prácu podporila Koordinačná jednotka vedeckých výskumných projektov Univerzity Süleymana Demirela [číslo grantu TTU-2023-8999].

Konflikt záujmov

Autori vyhlasujú, že nemajú žiadne známe konkurenčné finančné záujmy ani osobné vzťahy, ktoré by mohli ovplyvniť prácu uvedenú v tomto článku.

Referencie

1 Gaynor JS, Hagberg S, Gurfein BT. Veterinárne aplikácie terapia pulzným elektromagnetickým poľom. Res Vet Sci 2018;119:1–8
2 Ito H, Bassett CA. Vplyv slabých, pulzujúcich elektromagnetických polí na regenerácia nervov u potkanov. Clin Orthop Relat Res 1983;(181): 283–290
3 Baptista AF, Goes BT, Menezes D a kol. PEMF nedokáže zlepšiť nervový systém. regenerácia po lézii pomliaždenia sedacieho nervu. J Peripher Nerv Syst 2009;14(04):285–293
4 Markov MS, Colbert AP. Magnetické a elektromagnetické pole terapia. J Back Musculoskelet Rehabilitation 2000;15(01):17–29
5 Sakurai T, Yoshimoto M, Koyama S, Miyakoshi J. Expozícia voči Extrémne nízkofrekvenčné magnetické polia ovplyvňujú bunky vylučujúce inzulín. Bioelectromagnetics 2008;29(02):118–124
6 Patruno A, Amerio P, Pesce M a kol. Extrémne nízka frekvencia Elektromagnetické polia modulujú expresiu indukovateľnej syntázy oxidu dusnatého, endotelovej syntázy oxidu dusnatého a cyklooxygenázy-2 v bunkovej línii ľudských keratinocytov HaCat: potenciálne terapeutické účinky pri hojení rán. Br J Dermatol 2010;162 (02):258–266
7 Tepper OM, Callaghan MJ, Chang EI a kol. Elektromagnetické polia zvýšenie angiogenézy in vitro a in vivo prostredníctvom uvoľňovania FGF-2 endotelom. FASEB J 2004;18(11):1231–1233
8 Brent RL. Záchrana životov a zmena rodinných dejín: vhodné poradenstvo pre tehotné ženy a mužov a ženy v reprodukčnom veku týkajúce sa rizika diagnostického ožiarenia počas tehotenstva a pred ním. Am J Obstet Gynecol 2009;200(01): 4–24
9 Wilson JG, Jordan HC, Brent RL. Účinky ožarovania embryonálnych vývoj. II. Röntgenové snímky na deviaty deň tehotenstva u potkanov. Am J Anat 1953;92(01):153–177
10 Wilson JG, Brent RL, Jordan HC. Diferenciácia ako determinant Reakcia embryí potkanov na röntgenové ožiarenie. Proc Soc Exp Biol Med 1953;82(01):67–70
11 Molvarec A, Tamási L, Losonczy G, Madách K, Prohászka Z, Rigó J Jr. Circulating heat shock protein 70 (HSPA1A) in normal and patologické tehotenstvá. Cell Stress Chaperones 2010;15(03): 237–247
12 Jee B, Dhar R, Singh S, Karmakar S. Bielkoviny tepelného šoku a ich úloha v tehotenstve: predefinovanie funkcie „starého rumu v novej fľaši“. Front Cell Dev Biol 2021;9:648463
13 Leszczynski D, Joenväärä S, Reivinen J, Kuokka R. Netermálne Aktivácia stresovej dráhy hsp27/p38MAPK žiarením mobilného telefónu v ľudských endotelových bunkách: molekulárny mechanizmus účinkov súvisiacich s rakovinou a hematoencefalickou bariérou. Differentiation 2002;70(2-3):120–129
14 de Pomerai D, Daniells C, David H a kol. Netepelný tepelný šok reakcia na mikrovlny. Nature 2000;405(6785):417–418
15 Weisbrot D, Lin H, Ye L, Blank M, Goodman R. Účinky mobilných zariadení Vplyv telefónneho žiarenia na reprodukciu a vývoj u Drosophila melanogaster. J Cell Biochem 2003;89(01):48–55
16 Miyakoshi J, Takemasa K, Takashima Y, Ding GR, Hirose H, Koyama S. Účinky vystavenia rádiofrekvenčnému poľu s frekvenciou 1950 MHz na expresiu Hsp70 a Hsp27 v bunkách ľudského gliómu. Bioelectromagnetics 2005;26(04):251–257
17 Capri M, Scarcella E, Bianchi E a kol. Rádiová frekvencia 1800 MHz (mobilné telefóny, rôzne modulácie globálneho systému pre mobilnú komunikáciu) neovplyvňuje apoptózu a hladinu proteínu tepelného šoku 70 v mononukleárnych bunkách periférnej krvi od mladých a starých darcov. Int J Radiat Biol 2004;80(06):389–397

 © 2026. Spoločnosť fetálnej medicíny. Všetky práva vyhradené.

18 rokovLim HB, Cook GG, Barker AT, Coulton LA. Vplyv 900 MHz elektromagnetické polia na netermálnu indukciu proteínov tepelného šoku v ľudských leukocytoch. Radiat Res 2005;163(01):45–52

19Ghazanfarpour M, Kashani ZA, Pakzad R, a kol. Účinok elektromagnetické pole na potrat: systematický prehľad a metaanalýza. Open Med (Wars) 2021;16(01):1628–1641

20 Zhou LY, Zhang HX, Lan YL a kol. Epidemiologické skúmanie rizikových faktorov tehotných žien so spontánnym potratom v skorých štádiách tehotenstva v Pekingu. Chin J Integr Med 2017;23(05):345–349 Lee HJ, Pack JK, Gimm YM a kol.

21 Teratologické hodnotenie myších plodov vystavených elektromagnetickému žiareniu s frekvenciou 20 kHz. Bioelectromagnetics 2009;30 (04):330–333

22Frölen H, Svedenstål BM, Paulsson LE. Účinky pulzného magnetu polia na vyvíjajúcom sa embryu myši. Bioelektromagnetics 1993;14(03):197–204

23Svedenstål BM, Johanson KJ. Strata plodu u myší vystavených magnéziu. sieťové polia počas raného tehotenstva. Bioelektromagnetics 1995;16 (05):284–289

24JanssonT, Cetin I, Powell TL a kol. Placentárny transport a metabolizmus pri nadmernom raste plodu - správa z workshopu. Placenta 2006;27:109–113

25Capobianco E, Fornes D, Linenberg I, Powell TL, Jansson T, Jawerbaum A. Nový model gestačného diabetu vyvolaného intrauterinným programovaním u potkanov je spojený so zmenami v placentárnej signalizácii a nadmerným rastom plodu. Mol Cell Endocrinol 2016; 422:221–232

26Taskinen H, Kyyrönen P, Hemminki K. Účinky ultrazvuku, krátke vlny a fyzická námaha na výsledok tehotenstva u fyzioterapeutov. J Epidemiol Community Health 1990;44(03): 196–201

27Ouellet-Hellstrom R, Stewart WF. Potraty u žien fyzioterapeuti, ktorí uvádzajú používanie rádio- a mikrovlnných elektrónov, elektromagnetické žiarenie s vysokou frekvenciou. Am J Epidemiol 1993;138 (10):775–786

28Lerman Y, Jacubovich R, Green MS. Výsledok tehotenstva po vystavenie krátkym vlnám u fyzioterapeutiek v Izraeli. Am J Ind Med 2001;39(05):499–504

29Shah SGS, Farrow A. Systematický prehľad literatúry o nežiaducich účinkoch reprodukčné výsledky spojené s vystavením fyzioterapeutov neionizujúcemu žiareniu v práci. J Occup Health 2014;56(05):323–331

30Johnson EE, Kenny RPW, Adesanya AM a kol. Účinky Vplyv rádiofrekvenčnej expozície na nepriaznivé výsledky u žien: systematický prehľad observačných štúdií u ľudí s metaanalýzou dávka-odozva. Environ Int 2024;190:108816

31Kashani ZA, Pakzad R, Fakari FR a kol. Elektromagnetické polia expozícia na abnormality plodu a detstva: systematický prehľad a metaanalýza. Open Med (Wars) 2023;18(01): 20230697

32Kaya F, Nacar MC, Tutar EF. Vplyv elektromagnetického poľa expozícia na vývoj plodu. Generál Tjas. Derg 2024; 34:440–444

33Armalina D, Susilaningsih N, Sutanto H, Sunarno S. Prenatal vystavenie neionizujúcim elektromagnetickým poliam a nepriaznivé perinatálne výsledky: systematický prehľad. PAMJ One Health 2026;19:12

34Aldad TS, Gan G, Gao XB, Taylor HS. Fetálne rádiofrekvenčné žiarenie. Expozícia z mobilných telefónov s frekvenciou 800 – 1900 MHz ovplyvňuje neurologický vývoj a správanie myší. Sci Rep 2012;2:312

35Zareen N, Khan MY. Vplyv elektromagnetizmu indukovaného mobilným telefónom. genetické polia na vývoj kuracích embryí. J Coll Physicians Surg Pak 2008;18(08):528–529

 © 2026. Spoločnosť fetálnej medicíny. Všetky práva vyhradené.