بررسی تاثیر MRI بر رشد جنین موش

دکتر اکبر علی اصغرزاده *، دکتر علی اکبر شرفی *، دکتر حسین نیک زاد **،
دکتر حسن هاشمی ***

خلاصه

سابقه و هدف: با توجه به افزایش تقاضای استفاده از خدمات MRI و گزارش‌های متفاوت از آثار بیولوژیک آن و به منظور تعیین تاثیر MRI به شدت ۱/۵ تسلا بر رشد جنین موش، این تحقیق در دانشگاه تربیت مدرس و مرکز تصویر برداری بیمارستان امام خمینی تهران طی سالهای ۷۷-۷۶ انجام گرفت.

مواد و روشها: تحقیق به روش تجربی بر روی ۱۰۰ موش ماده باردار نوع Balb/c صورت پذیرفت. این موشها به طور تصادفی به دو گروه مساوی تحت تابش MRI با شدت ۱/۵ تسلا و گروه شاهد در روزهای سوم، ششم، نهم، دوازدهم و پانزدهم بارداری تقسیم گردیدند. تاثیر مداخله از نظر تعداد جنین‌های زنده، مرده، جذب شده و ناهنجار و هم چنین از نظر وزن و طول جنین، طول استخوان ران چپ و راست و حجم کل استخوان درشت نئی چپ با استفاده از تکنیک‌های رنگ آمیزی آلسین بلو - آلیزارین رِد و اندازه گیری حجم استخوان در یک روز قبل از وضع حمل بررسی گردید. داده‌های دو گروه مورد بررسی با آنالیز واریانس و T-test مورد قضاوت آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها: در بررسی جنین‌های ۱۰۰ موش ماده در دو گروه مورد و شاهد هیچ ناهنجاری ظاهری دیده نشد. تعداد جنین‌های مرده و جذب گردیده در گروه مورد در روزهای نهم و دوازدهم جنینی بیشتر از گروه شاهد بود ولی اختلاف بین آنها به لحاظ آماری معنی دار نبود. در روزهای نهم و دوازدهم جنینی به ترتیب وزن جنین ۳۰/۲ درصد و ۱۸/۱ درصد، طول جنین ۱۷/۶ درصد و ۱۲/۷ درصد، طول استخوان ران راست ۲۴/۹ درصد و ۱۴ درصد و طول استخوان ران چپ ۲۵/۴ درصد و ۱۶/۹ درصد و حجم استخوان درشت نئی چپ ۳۲ درصد و ۲۳/۸ درصد در گروه مورد نسبت به شاهد کاهش نشان دادند که این اختلاف از لحاظ آماری با $P<0/05$ معنی دار بود ولی در بقیه روزها اختلاف معنی داری بین گروهها ملاحظه نشد.

نتیجه گیری: MRI در روزهای نهم و دوازدهم حاملگی بر روی رشد جنین تاثیر دارد. برای بررسی جامع تر، انجام تحقیق تحلیلی بر روی مدل انسانی توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: MRI، آثار بیولوژیک، جنین موش

* دانشکده پزشکی دانشگاه تربیت مدرس، گروه فیزیک پزشکی

** دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی کاشان، گروه علوم تشریح

*** دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تهران، مرکز تصویربرداری بیمارستان امام خمینی

مقدمه

با معرفی روش تصویر برداری با تشدید مغناطیسی هسته (MRI) توسط Lauterbur در سال ۱۹۷۳ استفاده از این روش در پزشکی گسترش سریعی پیدا کرد و امروزه در تشخیص بعضی از بیماریها به عنوان یک روش تشخیصی انتخابی از آن استفاده می‌شود (۱). در کشور ما نیز طی چند سال اخیر استفاده از این روش روبه گسترش گذاشته و هر ساله تعداد مراکز درمانی که از این سیستم استفاده می‌کنند افزایش می‌یابد.

در سیستم‌های MRI از چند نوع میدان مغناطیسی برای ایجاد تصویر استفاده می‌شود که شامل میدانهای مغناطیسی ثابت قوی ، میدان های مغناطیسی متغیر و میدان مغناطیسی امواج رادیویی (RF) می‌باشند(۱). نقش پرتوهای یونیزان در ایجاد اثرات تراتوژن آشکار شده ولی تراتوژن بودن تابش‌های غیر یونیزان و از جمله میدانهای مورد استفاده در روش MRI ، هنوز به طور کامل مشخص نیست. به طور معمول نظر بر این است که تابش‌های غیر یونیزان به خاطر انرژی کوانتمی پایینشان در مقایسه با پرتوهای یونیزان به اندازه آنها مضر و خطرناک نیستند (۲). امّا برخی از تحقیقاتی که در مورد هر کدام از میدانهای مورد استفاده در MRI به طور مجزا بر روی موجودات زنده انجام گرفته نشان دهنده این مطلب است که این میدانها می‌توانند در موجودات زنده آثار بیولوژیک ایجاد کنند. اثرات بیولوژیک میدانهای مغناطیسی ساکن شامل : به هم ریختگی در جهت گیری باکترهای فرو مغناطیسی (۳) ، الکتروکاردیوگراف غیرعادی در میمونها (۴) ، تاخیر در رشد (۵) ، جلوگیری از متابولیسم (۶) و اثرات قابل تشخیص بر روی فعالیت آنزیم‌های DNA (۷) می‌باشد. اثرات بیولوژیک ناشی از میدان‌های مغناطیسی متغیر شامل تحریک سلولهای عصبی یا عضلانی (۸) و فلاشهای نوری - بینایی است (۹). آثار بیولوژیک امواج RF شامل ایجاد حرارت (۱۰) ، تداخل در هدایت عصب (۱۱) ، افزایش نفوذپذیری سد خونی - مغزی (۱۲) و خروج کلسیم از غشا عصبی می‌باشد (۱۳).

تحقیقات مذکور معمولاً با استفاده از یکی از میدانهای مورد استفاده در MRI و بیشتر بر روی ارگانیسم‌های کاملاً رشدیافته صورت پذیرفته ، در حالی که تحقیقات در رابطه با اثرات ترکیبی هر سه نوع میدان MRI (اعم از میدانهای مغناطیسی ساکن ، متغیر و RF) بر روی جنین ، به خصوص در مراحل اولیه رشد جنین ، اندک است. از جمله مطالعات به عمل آمده تحقیقی است که توسط Foster و همکارانش در سال ۱۹۸۴ بر روی بزهای حامله انجام گرفت . در این مطالعه هیچ گزارشی از تراتوژن بودن جنینی MRI داده نشده البته باید توجه داشت که در این بررسی بزغاله‌ها در مراحل پایانی رشد بررسی گردیده‌اند ، در این دوره جنین‌ها در برابر اغلب مواد تراتوژن حساسیت کمتری دارند (۱۴).

در تحقیق دیگری که توسط Tyndall و همکارانش در سال ۱۹۹۱ بر روی اثرات سیستم MRI با شدت ۱/۵ تسلا بر تکامل چشم در موشهای مستعد به ناهنجاری‌های چشمی صورت پذیرفت نشان داده شد که در موشهای مورد تابش میزان ناهنجاریها

۱۵ تا ۲۷ درصد بیشتر از گروه شاهد می‌باشد (۱۵).

در تحقیق دیگری که توسط Yip و همکارانش در سال ۱۹۹۴ با استفاده از یک سیستم MRI با شدت ۱/۵ تسلا بر روی جنین جوجه در مراحل اولیه رشد انجام گرفت ، بیان گردید که مرگ و میر و ناهنجاری‌ها در گروه مورد آزمایش زیادتر از گروه شاهد است (۱۶).

به طور خلاصه با توجه به تحقیقاتی که به عمل آمده ملاحظه می‌شود که میدانهای به‌کار رفته در MRI هر یک به طور مجزا باعث ایجاد آثاری در موجودات زنده می‌گردند که این اثرات به شدت میدان، مدت زمان تابش و حساسیت موجود در زمان تابش‌گیری بستگی دارد. در کاربرد همزمان میدانها نیز آثاری دیده شده که این اثرات بر روی جنین بیشتر بوده و در جنین هم در مراحل اولیه رشد ، میدانها اثر بیشتری به جا گذاشته‌اند ولی هنوز به طور قاطع نمی‌توان گفت که آزمایش‌های بالینی MRI بر جنین آثار قطعی دارند (۱۷،۱۸).

انتخاب جنین‌های موش در این مطالعه به علت تشابه مراحل رشد آن با انسان ، کوتاهی دوره بارداری، دستیابی به تعداد زیاد جنین ، دقیق بودن مراحل رشد جنینی و مطالعات قبلی روی این حیوان می‌باشد (۲۰ ، ۱۹، ۱۵).

با توجه به روند روبه افزایش استفاده از سیستم MRI و اهمیت سلامت جنین و به منظور تعیین تاثیر MRI در روزهای مختلف بارداری بر روی رشد جنین، این تحقیق در دانشگاه تربیت مدرس و مرکز تصویربرداری بیمارستان امام خمینی تهران طی سال‌های ۷۷-۱۳۷۶ انجام شد.

مواد و روشها

در این مطالعه تجربی از ۱۰۰ موش ماده باردار نوع Balb/c به سن ۱۰ هفته که از مرکز تکثیر و نگهداری حیوانات دانشگاه تربیت مدرس گرفته شدند استفاده گردید.

بعد از یک دوره سه هفته‌ای تطبیق با شرایط محیط به طور تصادفی در دو گروه مساوی مورد و شاهد تقسیم شدند. برای باروری موشها ، یک یا دو موش ماده را با چند موش نر در ساعت ۸ شب کنار یکدیگر قرار داده و در ساعت ۸ صبح روز بعد از همدیگر جدا کردند و سپس موشهای ماده از نظر وجود پلاک واژن بررسی و موشهای با پلاک مثبت به عنوان روز صفر حاملگی در گروههای ۱۰تایی قرار گرفتند. موشهای حامله در روزهای سوم ، ششم ، نهم ، دوازدهم و پانزدهم بارداری که به ترتیب معادل دوره قبل از جایگزینی، اوایل مرحله رشد اصلی جنینی، اواسط مرحله رشد اصلی جنینی ، اواخر مرحله رشد اصلی جنینی و دوران بچه نارس (Fetus) از مراحل جنینی می‌باشند، در بخش تصویربرداری بیمارستان امام خمینی تهران موردتابش MRI واقع گردیدند.

در این تحقیق از سیستم رسانا Picker (ساخت کشور آلمان) با شدت ۱/۵ تسلا استفاده شد . فرکانس امواج RF به‌کار رفته ۶۴ MHZ ، زمان در معرض تابش قرار گرفتن ۳۰ دقیقه و از فن اسپین - اکو (T2-Weighted) با زمان اکو (Time Echo) ۲۰ میلی ثانیه و زمان تکرار (Repeat time) ۷۵۰ میلی ثانیه

استفاده گردید (TE به زمان بین پالس RF ۹۰ درجه تا آشکاری اکو و TR به زمان بین توالی‌های پالس اشاره دارد) . جهت تابش MRI ابتدا موشها را در یک وسیله نگهدارنده پلاستیکی قرار می‌دادند و سپس آنها در مرکز سیستم MRI گذاشته می‌شدند.

برای کنترل اثرات تراتوژنیک احتمالی ناشی از استرس در مدت زمانی که موشها در محفظه پلاستیکی نگهداری می‌شدند و نویزی که بوسیله سیم پیچ‌های گرادیان مغناطیسی تولید می‌گردید و عوامل مداخله گر دیگر، موشهای گروه شاهد را نیز در وسیله نگهدارنده پلاستیکی و در اتاق MRI در فاصله کمی از ورودی مگنت قرار می‌گرفتند. در این وضعیت موشها تحت محدودیت شرایط آزمایش ، نویز حاصل از سیم‌پیچ‌های گرادیان و یک میدان مغناطیسی ثابت خیلی ضعیف (میدان نشتی) قرار داشتند . در حالی که میدانهای RF و گرادیان بر آنها اعمال نمی‌شد. بعد از تابش MRI ، موشها در روز ۱۸ حاملگی به روش Cervical dislocation کشته شده و با روش سزارین جنین‌های آنها خارج نموده و در محلول نرمال سالین قرار می‌گرفتند. سپس تعداد جنین‌ها شمارش گردیده و از نظر زنده یا مرده بودن، جنین‌های جذب شده و وجود ناهنجاریهای ظاهری بررسی گردیدند. در مرحله بعد جفت و جنین از یکدیگر جدا شده و هر کدام به طور مجزا وزن گردیدند و از طول CR جنین (Crown-Rump Lenght) اندازه گیری به عمل آمد. سپس جنین‌ها با استفاده از روش شفاف سازی (Clearing) و مورفومتری از نظر رشد و ناهنجاری‌های اسکلتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در روش شفاف سازی ، جنین‌ها با استفاده از رنگ آمیزی Alcian Blue و Alizarin Red رنگ آمیزی شدند . به طوری که غضروف به رنگ آبی و استخوان به رنگ قرمز درآمد. سپس جنین‌های شفاف شده با استفاده از استریومیکروسکوپ مورد مطالعه واقع گردیدند و با استفاده از عدسی چشمی مدرج طول استخوان‌های ران راست و چپ در گروههای مورد و شاهد اندازه گیری شد و نتایج حاصل مورد مقایسه قرار گرفت.

برای بررسی مورفومتری پس از تهیه مقاطع بافتی با ضخامت ۸ میکرون از استخوان درشت نئی چپ جنین ها ، به نسبت ۱ به ۵ (از هر پنج برش یکی از آنها) برای مقایسه این مقاطع در گروهها بررسی گردید. به‌این ترتیب که کل مقاطع در هر استخوان درشت نئی چپ از ناحیه درشت نئی - قاپی (Tibio- talar) جایی که غضروف مربوط به استخوان قاپ ناپدید و غضروف استخوان درشت نئی از نازک نئی جدا می‌شود تا محل یکی گشتن غضروفهای این دو استخوان در ناحیه (Tibio - Fibulat) شمارش کرده و سپس مقاطع مشابه از گروههای مورد مطالعه به طور متناسب انتخاب و بعد از اندازه گیری حجم با یکدیگر مقایسه شدند.

برای اندازه گیری حجم استخوان ابتدا مقاطع بافتی توسط رنگ آمیزی هماتوکسیلین - ائوزین (H&E) رنگ گردیدند و پس از آن توسط Camera Lucida شکل مقاطع رسم گردید. اشکال بوسیله Jet Scaner به کامپیوتر داده شد و توسط برنامه Paint Brash در محیط Windows رنگ آمیزی گردید و بعد از آن مساحت استخوان توسط برنامه Surface Computing محاسبه شد و با توجه به فواصل مقاطع از یکدیگر ، حجم

کل استخوان بدست آمد و موردتجزیه وتحلیل آماری قرار گرفت. بدین صورت که با استفاده از آزمون Kolmogrov - Smirnov نرمال بودن توزیع داده‌ها بررسی و سپس با استفاده از T-test میانگین داده‌ها درگروههای موردوشاهدموردمقایسه‌قرار گرفت.

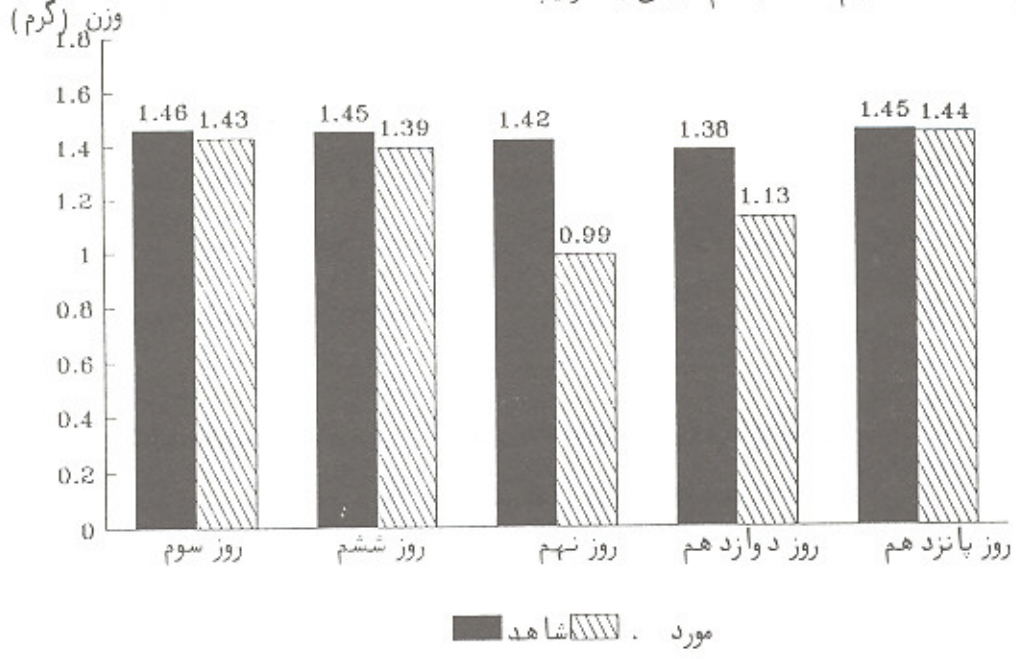
یافته‌ها

از ۱۰۰ موش مورد بررسی در دو گروه مورد و شاهد در زمانهای مختلف جنینی در هیچ کدام ناهنجاری ظاهری مشاهده نگردید. وضعیت جنینی به لحاظ زنده یا مرده بودن و جنین‌های جذب شده در جدول (۱) آمده است. تعداد جنین‌های مرده و جذب گردیده در روزهای نهم و دوازدهم جنینی در گروه مورد نسبت به گروه شاهد بیشتر می‌باشد امّا اختلاف آنها به لحاظ آماری معنی دار نمی‌باشد.

جدول ۱ـ توزیع فراوانی وضعیت جنین‌های موش در گروههای شاهد و مورد تابش MRI در روزهای مختلف جنینی در مرکز تصویربرداری بیمارستان امام خمینی تهران طی سال‌های ۷۷ـ۱۳۷۶

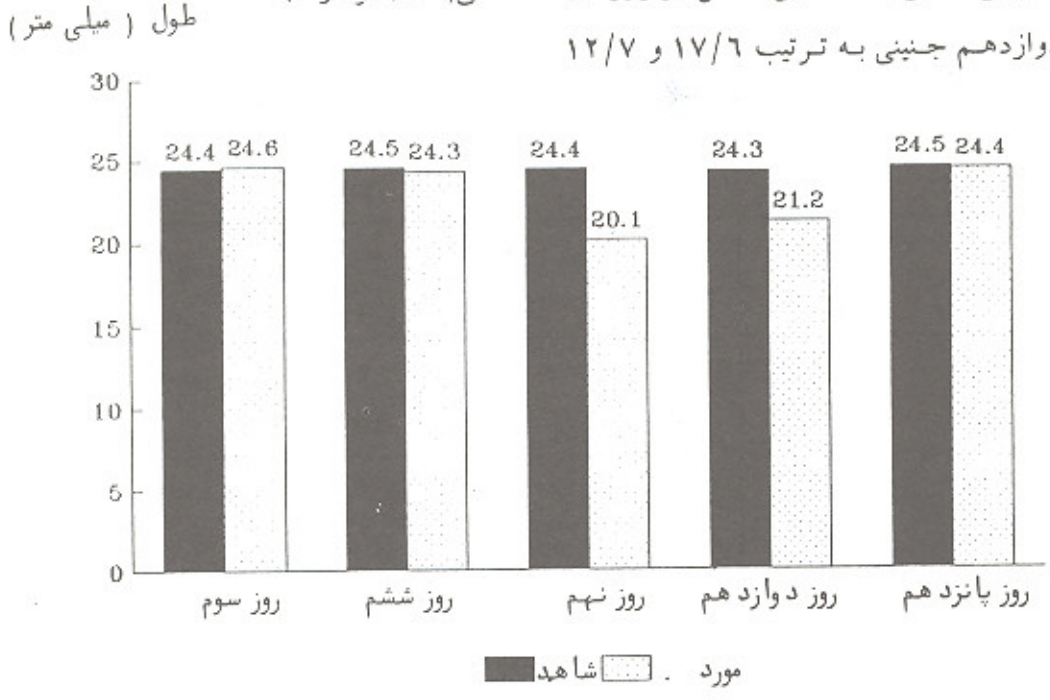
MRI	وضعیت جنین‌ها / روز تابش	۳	۶	۹	۱۲	۱۵
شاهد «نگرفته»	مرده	۲ (۲)	۲ (۲/۲)	۱ (۱/۲)	۱ (۱)	۲ (۲/۴)
	جذب شده	۲ (۲)	۳ (۳/۳)	۳ (۳/۵)	۴ (۳/۹)	۳ (۳/۵)
	زنده	۹۲ (۹۶)	۸۶ (۹۴/۵)	۸۲ (۹۵/۳)	۹۷ (۹۵/۱)	۸۰ (۹۴/۱)
	کل	۹۶ (۱۰۰)	۹۱ (۱۰۰)	۸۶ (۱۰۰)	۱۰۲ (۱۰۰)	۸۵ (۱۰۰)
مورد «گرفته»	مرده	۱ (۱/۱)	۳ (۳/۴)	۳ (۳/۳)	۳ (۲/۷)	۲ (۲/۲)
	جذب شده	۲ (۲/۲)	۳ (۳/۴)	۶ (۶/۵)	۴ (۳/۶)	۵ (۵/۵)
	زنده	۸۹ (۹۶/۷)	۸۲ (۹۳/۲)	۸۳ (۹۰/۲)	۱۰۵ (۹۳/۷)	۸۴ (۹۲/۳)
	کل	۹۲ (۱۰۰)	۸۸ (۱۰۰)	۹۲ (۱۰۰)	۱۱۲ (۱۰۰)	۹۱ (۱۰۰)

وزن جنین‌ها در گروه مورد نسبت به شاهد در روزهای مختلف جنینی کاهش نشان داده که این کاهش در روزهای نهم و دوازدهم جنینی به ترتیب ۳۰/۲ و ۱۸/۱ درصد است و از نظر آماری با P<۰/۰۵ معنی دار می‌باشد(نمودار ۱).



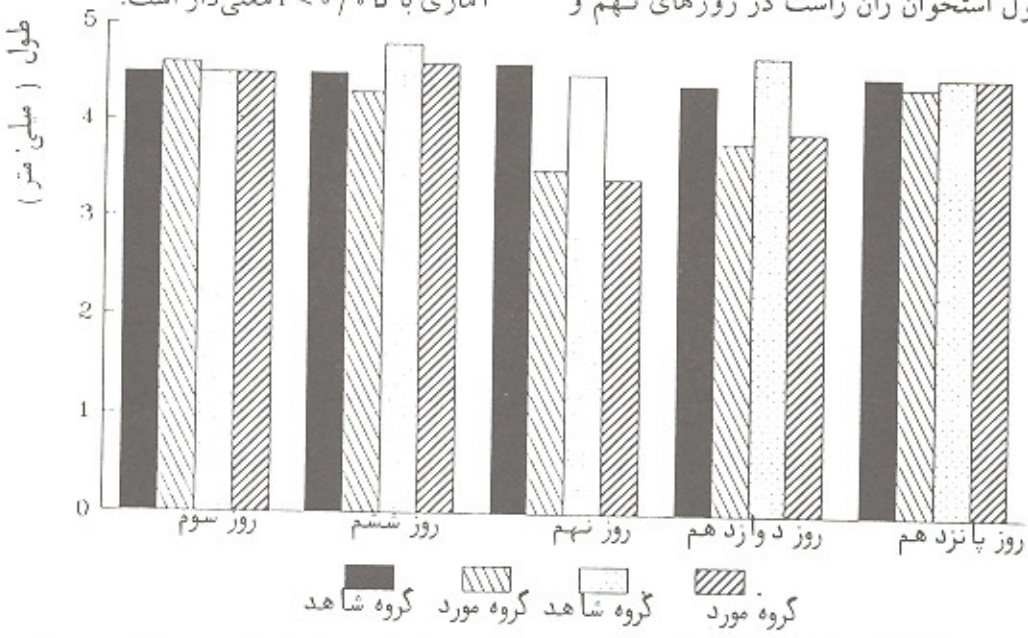
نمودار ۱ـ تاثیر تابش MRI بر وزن جنین موش در روزهای مختلف بارداری در مرکز تصویربرداری بیمارستان امام خمینی تهران طی سال‌های ۷۷ـ۱۳۷۶

طول جنین‌ها در گروه مورد نسبت به شاهد در روزهای مختلف جنینی کاهش یافته که این کاهش در روزهای نهم و دوازدهم جنینی به ترتیب ۱۷/۶ و ۱۲/۷ درصد است و از نظر آماری با P< ۰/۰۵ معنی دار می‌باشد (نمودار ۲).



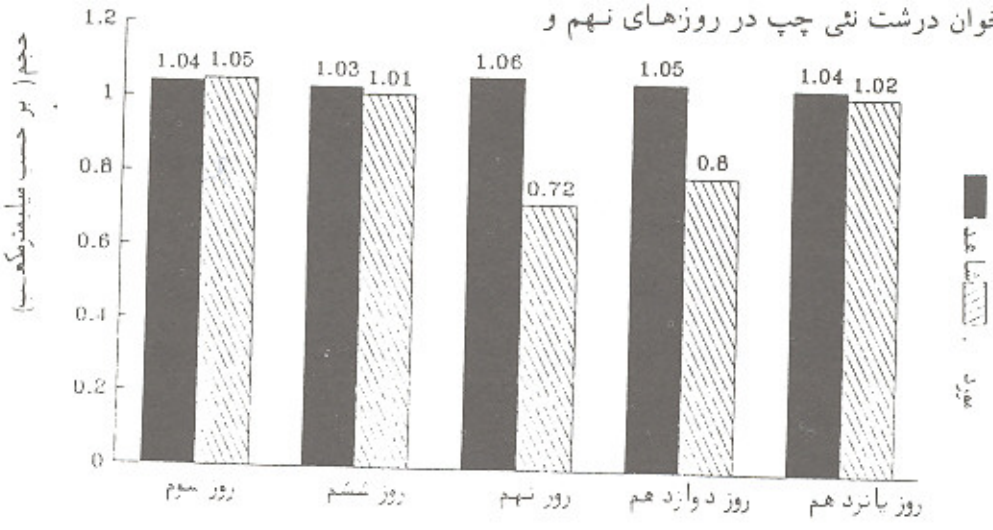
نمودار ۲ـ تاثیر تابش MRI بر طول جنین موش در روزهای مختلف بارداری در مرکز تصویربرداری بیمارستان امام خمینی تهران طی سال‌های ۷۷ـ۱۳۷۶

نمودار (۳) نتایج حاصل از تابش MRI بر روی طول استخوان‌های ران چپ و راست را در روزهای مختلف بارداری نشان می‌دهد. نتایج نشان دهنده کاهش طول استخوان ران راست در روزهای نهم و دوازدهم جنینی به ترتیب ۲۴/۹ و ۱۴ درصد و طول استخوان ران چپ به ترتیب ۲۵/۴ و ۱۶/۹ درصد در گروه مورد نسبت به گروه شاهد می‌باشد که به لحاظ آماری با $P<0/05$ معنی‌دار است.



نمودار ۳ـ تاثیر تابش MRI بر طول استخوانهای ران راست و چپ جنین در روزهای مختلف بارداری در مرکز تصویربرداری بیمارستان امام خمینی تهران طی سال‌های ۷۷ـ۱۳۷۶

نمودار (۴) نتایج حاصل از تابش MRI بر روی حجم استخوان درشت نئی چپ در روزهای مختلف بارداری را نشان می‌دهد. نتایج نشان دهندهٔ کاهش حجم استخوان درشت نئی چپ در روزهای نهم و دوازدهم جنینی به ترتیب ۳۲ و ۲۳/۸ درصد در گروه مورد نسبت به گروه شاهد می‌باشد که به لحاظ آماری با $P<0/05$ معنی دار است.



نمودار ۴ـ تاثیر تابش MRI بر حجم کل استخوان درشت نئی چپ در روزهای مختلف بارداری در مرکز تصویربرداری بیمارستان امام خمینی تهران طی سال‌های ۷۷ـ۱۳۷۶

بحث

نتایج حاصل در این مطالعه نشان می‌دهد که تابش MRI به شدت ۱/۵ تسلا باعث کاهش وزن و طول جنین ، کاهش طول استخوان ران و حجم استخوان درشت نئی و افزایش تعداد جنین‌های مرده و جذب شده در روزهای نهم و دوازدهم بارداری می‌گردد.

Henrichs و همکارانش در سال ۱۹۸۶ گزارش کردند که تابش MRI به شدت ۰/۳۵ تسلا به موشهای باردار در روز نهم حاملگی باعث کاهش طول CR و وزن جنین می‌گردد (۲۱).

Carnes و همکارانش که موشها را در روزهای نهم و دوازدهم بارداری در معرض میدان ۴/۷ تسلا در شرایط بالینی یکسان با انسان قرار داده بودند کاهش معنی‌داری را در وزن و طول CR در روز نهم بارداری و افزایش معنی داری در تعداد مرگ و میر جنین و کاهش تولید روزانه اسپرم بعد از تولد مشاهده نمودند(۲۲).

در مطالعه دیگری که توسط Tyndall و همکارانش با استفاده از میدان ۱/۵ تسلا انجام گرفته نیز کاهش معنی داری در طول CR جنین گزارش نمودند (۲۳). مطالعات دیگران نیز نشان می‌دهد که MRI باعث تغییراتی در وزن و طول جنین و افزایش تعداد جنین‌های مرده و جذب شده می‌گردد (۱۵،۲۰،۲۴).

بر خلاف نظرات فوق عده‌ای دیگر معتقدند که MRI تاثیری بر روی پارامترهای رشد جنینی ندارد (۲۵،۲۶).

تفاوت نتایج مطالعات فوق احتمالاً به نوع نژاد حیوانی ، شدت تابش MRI ، مدت زمان در معرض تابش قرار گرفتن ، نوع میدانهای بکار رفته و زمان تابش به جنین (روز حاملگی) بستگی دارد.

روزهای سوم ، ششم ، نهم ، دوازدهم و پانزدهم بارداری در دوره رشد جنینی همان طوری که قبلاً ذکر شد به ترتیب معادل با دوره قبل از جایگزینی، اوایل مرحله رشد اصلی جنین ، اواسط مرحله رشد اصلی جنین ، اواخر مرحله رشد اصلی جنین و دوران بچه نارس (Fetus) می‌باشند. در سه دوره میانی به دلیل ساخت اعضای اصلی ، جنین بیشترین حساسیت را نسبت به عوامل تراتوژن دارد و بنابر این‌که اعمال عامل تراتوژن مقارن با ساخت کدامیک از اعضای اصلی باشد آن اعضا دچار آسیب می‌گردند. در ارتباط با آثاری که ما در این تحقیق مشاهده کردیم می‌توان بیان داشت که در موش ظاهر گردیدن جوانه اندام فوقانی و متعاقب آن ظاهر شدن جوانه اندام تحتانی در روز ۹ بارداری می‌باشد (۱۹) و از آنجایی که تابش در حین شکل گرفتن جوانه اندام ، صورت پذیرفته بنابراین تابش MRI بر مدل غضروفی و یا مزانشیم اولیه تاثیر گذاشته و در نهایت توانسته بر روی طول و وزن جنین و طول و حجم استخوانها اثر گذاشته و باعث کاهش رشد اسکلتی شود. بین دو روز نهم و دوازدهم اثر تابش در روز نهم بیشتر دیده می‌شود. این مطلب ناشی از آن است که در روز دوازدهم تقریباً شکل گیری جوانه‌های قسمتهای مختلف ساختمان اسکلتی پایان یافته است (۱۹). مکانیسم‌های مختلفی برای بیان چگونگی تاثیر میدانهای بکار رفته در MRI بر بافت

زنده ذکر گردیده است. عده‌ای معتقدند میدانهای مغناطیسی ثابت باعث تغییر در جهت گیری ملکوهای بزرگ و ترکیبات سلولی و تغییرات شیمیایی در سلول ، افزایش نفوذپذیری غشا و جداسازی بارهای الکتریکی مسئول ایجاد اختلاف پتانسیل در مایعات سیال بیولوژیک می‌گردند (۵،۶،۷). میدانهای مغناطیسی متغیر جریانهای الکتریکی در بافت که مسئول تحریک اعصاب می‌باشند را القا می‌کنند (۸،۹). امواج RF بیشتر با ایجاد گرما در بافت منجر به اثرات گرمایی می‌شود (۲۷،۳۸).

اثرات حاصل در این تحقیق به دنبال بروز یک یا چند مکانیسم از مکانیسم‌های فوق می‌باشد البته در اینجا به نظر می‌رسد که تابش امواج RF و گرمای بیش از حد ایجاد شده در جنین از اهمیت بیشتری برخوردار است. در همین ارتباط O'Conner در سال ۱۹۸۰ با بررسی مقالات مربوط به تراتوژن بودن RF نشان داد که این میدانها می‌توانند تراتوژن نیز باشند. وی آثاری نظیر کاهش وزن ، ناهنجاری‌های آناتومیک مشخص و افزایش جذب جنین را نشان داد (۲۹). Lary و همکارانش در سال ۱۹۸۷ در بررسی تراتوژن بودن RF ملاحظه کردند که بیشتر آثار بیولوژیک RF به نرخ جذب ویژه (Specific Absorption Rate) بستگی دارد (SAR به توان جذب شده در واحد جرم بافت اشاره دارد) و افزایش درجه حرارت به ۴۱ درجه سانتی گراد یا بیشتر معمولاً باعث آثار تراتوژن و مرگ جنین می‌گردد. آنها ملاحظه کردند که در اثر جذب غیریکنواخت انرژی RF در حیوانات مورد تابش ، درجه حرارت رحم و جنین خیلی بیشتر از درجه حرارت رکتوم و کولون مادر افزایش می‌یابد و نتیجه گرفتند که در اینجا نیز گرمای تولید شده باعث بروز آثار بیولوژیک می‌گردد (۳۰).

به طور کلی نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد :

۱ ـ تابش MRI به شدت ۱/۵ تسلا باعث کاهش طول و وزن جنین و هم چنین طول استخوان ران و حجم استخوان درشت نئی در روزهای نهم و دوازدهم بارداری گردیده است.

۲ ـ میزان کاهش رشد جنین در روز نهم نسبت به روز دوازدهم بیشتر می‌باشد.

با توجه به این که نتایج به دست آمده روی حیوانات آزمایشگاهی کاملاً قابل تعمیم به انسان نمی‌باشد . بنابراین به صورت قطعی نمی‌توان بیان کرد که نتایج حاصل مذکور به صورت الزامی در مورد انسان نیز صادق است . به همین دلیل انجام مطالعات تحلیلی در نمونه‌های انسانی توصیه می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس برای اختصاص بودجه لازم جهت اجرای این طرح ، پرسنل گروه فیزیک پزشکی و آناتومی دانشگاه تربیت مدرس و پرسنل مرکز تصویربرداری بیمارستان امام خمینی تهران تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

References:

1.Budinger AF. Lauterbur PC. Nuclear magnetic resonance technology for medical studies. Science. 1984; 226: 288-298.

2. Brent RL. Gordon WE. Bennett WR. Beckman DA. Reproductive and teratologic effects of electromagnetic fields. Reprod Toxicol. 1993; 7: 535-580.

3. Frankel RB. Magnetic guidance of organisms. Annu Rev Biophys Bioeng. 1985; 13:85-100.

4. Kalmijn AJ. Biophysics of geomagnetic field detection. IEEE Trans Magn. 1981; 17: 1113-1115.

5. Barnothy MF. Biological effects of magnetic fields on small mammals. Biomed Sci Instrum. 1963; 1:127.

6. Cook ES. Fardin JC. Nuttini LG. Effects of magnetic fields on cellular respiration. In: Nuttini LG (Ed). Biological Effects of Magnetic Fields. 1st ed. Vol 2. New York: Plenum; 1969: 67-78.

7. D'Souza L. Renal VR. Nuttini LG. Cook ES. The effects of magnetic fields on DNA synthesis by ascities sarcoma. In: Nuttini LG (Ed). Biological Effects of Magnetic Fields. 1st ed. Vol 2. New York: Plenum; 1969: 53-59.

8. Tabrah FL. Guernsey DL. Chou SC. Batkin S. Effect of alternating magnetic fields (60-100 gauss, 60 Hz) on Tetrahymean pyriformis. J Life Sci. 1978; 8: 73-77.

9. Lovsund P. Nilsson SEG. Reuter T. Magnetophosphenes: A quantitative analysis of thresholds. Med Biol Eng Comput. 1982; 20:243-248.

10. Shellock FG. Crues JV. Coroneal temprature changes induced by high field strength MR imaging with a head coil. Radiology. 1988; 167:809-811.

11. Budinger TE. Potential medical effects and hazarrds with NMR human studies. In: Kaufman L. Croo LE (Eds). Nuclear Magnetic Resonance imaging in medicine. Tokyo: Igaky- Shoin; 1981: 207-231.

12. Saunders RF. Smith H. Safety aspects of NMR clinical imaging. Br Med Bull. 1984; 40: 148-154.

13. Bawin SM. Adey WR. Sensitivity of calcium binding in cerebral tissues and weak environmental electric fields oscilating at low frequency. Proc Natl Acad Sci (USA). 1976; 73: 1999-2005.

14. Foster MA. Knight CH. Rimmington JE. Mallard JR. Fetal imaging by nuclear magnetic resonace: A study in goats. Radiology. 1983; 146: 193-195.

15. Tyndal DA. Sulik KK. Effects of MRI on eye development in the C57BL/6J mouse. Teratology. 1991; 43:263-275.

16. Yip YP. Capriotti C. Talagala SL. Yip JW. Effects of MRI exposure at 1.5 T on early embryonic development of the chick. J MRI. 1994; 4:742-748.

17. Kaufman L. Protection of the patient undergoing a MRI examination. International non-ionizing, Health phys, 1991; 61 :923-928.

18. Kanal E. Safety considration in MRI. Radiology. 1990; 176: 593-606.

19. Kaufman MH. The atlas of mouse development. 1st ed. New York: Academic Press; 1992: 495-507.

20. Narra VR. Howell RW. Goddu SM. Rao DV. Effects of a 1.5 - Tesla static magnetic field on spermatognesis and embryogenesis in mice. Invest Radiol. 1996; 31:586-590.

21. Henrichs WL. Fong P. Flannery M. Heinrichs SC. Midgestational exposure of pregnant Balb/c mice to magnetic resonance imaging conditions. Magn Reson Imag. 1988; 69:305-313.

22. Catnes KI. Magin RL. Effects of in utero exposure to 4.7T MR imaging conditions on featal growth and testicular development in the mouse. Magn Reson Imag. 1996; 14:263-274.

23. Tyndall DA. MRI effects on craniofacial size and crown - rump length in C57BL/6J mice in 1.5 T fields. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1993; 76:655-660.

24. Huuskonen H. Juutilainen H. Effects of low-frequency magnetic fields on fetal development in rats. Bioelectromagnetics. 1993; 14:205-213.

25. Murakami J. Torii Y. Masuda K. Fetal development of mice following intrauterine exposure to a static magnetic field of 6.3 T . Magn Reson Imag. 1992; 10:433-437.

26. Lnnis NK. Ossenkopp KP. Prato FS. Sestini E. Behavioral effects exposure to nuclear magnetic resonance imaging: II. Spatial memory tests. Magn Reson Imag. 1986; 4:281-284.

27. Mgin RL. Liburdy RP. Persson B. Biological effects and safety aspects of nuclear magnetic resonance imaging and spectroscopy. Annal New York Acad of Sci. 1992; 649 :1-18.

28. WHO. Enviromontal health criteria in magnetic fields. 1st ed. Geneva: World Organization; 1987: 45-63.

29. O'Conner ME. Mammalian teratogenesis and radiofrequency fields. Proc IEEE. 1980; 68: 56-60.

30. Lary JM. Conover DL. Teratogenic effects of radiofrequency radiation. Eng Med Biol. 1987; 6: 42-46.