مقاله کنفرانسی

مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۱۱، شمارهٔ ٤، زمستان (ویژه‌نامه) ۱٤۰۱، صفحه ۱۸۹–۲۰۰
ششمین کنفرانس سنجش و ایمنی پرتوهای یون‌ساز و غیریون‌ساز (مردادماه ۱٤۰۰)
تاریخ دریافت مقاله: ۱٤۰۰/۰۷/۱۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۱٤۰۱/۰۵/۰۹

ارزیابی میزان رعایت اصول ایمنی در آزمون‌های تصویربرداری با امواج اولتراسوند متداول در مراکز تصویربرداری اهواز

جعفر فتاحی‌اصل[۱]، زهرا فرزانگان[۲]*، مرضیه طهماسبی[۱]، شاداب مرادی‌بیرگانی[۱]، مهرناز ملک‌زاده[۱] و حمید یزدانی‌نژاد[۱]

[۱] دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، خوزستان، ایران.
[۲] گروه تکنولوژی پرتودرمانی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، مرکزی، ایران.
*مرکزی، اراک، دانشگاه علوم پزشکی اراک، دانشکده پیراپزشکی، گروه تکنولوژی پرتودرمانی، کدپستی: ۳۸٤۸۱۷۶۹٤۱.
پست‌الکترونیکی: farzanegan.z97@gmail.com

چکیده

با وجود عدم گزارش اثرات زیان‌بار امواج اولتراسوند در مطالعات گذشته و قرارگیری این پرتوها در گروه پرتوهای غیریون‌ساز، این پرتوها به‌عنوان شکلی از انرژی، توانایی بالقوه برای ایجاد اثرات زیستی هنگام برهم‌کنش با بافت دارند. بنابراین، دستورالعمل‌ها و توصیه‌هایی در رابطه با تنظیم پارامترهای اسکن در آزمون‌های سونوگرافی، به‌ویژه سونوگرافی بارداری برای حفظ ایمنی بیماران و جنین، مطرح شده است. لذا، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی پارامترهای اسکن و ایمنی آزمون‌های سونوگرافی متداول مورد استفاده در مراکز سونوگرافی تشخیصی انجام شد. این مطالعه توصیفی – مقطعی، با تکمیل ۳۲۱ چک لیست طراحی شده توسط محققان، در مراکز سونوگرافی اهواز انجام شد. آزمون‌های سونوگرافی شامل چک آپ‌های روتین بارداری، بررسی ناهنجاری‌های جنینی و مشکلات بارداری، تشخیص اولیه بیماری و بررسی عود مجدد و متاستاز سرطان مورد بررسی قرار گرفتند. در آزمون‌های مورد بررسی، استاندارد بودن پارامترهای اختصاصی سیستم اولتراسوند مانند شاخص‌های گرمایی (TI)، مکانیکی (MI) و زمان اسکن مورد ارزیابی قرار گرفتند. به‌طور کلی ماکزیمم مقدار مجاز شاخص‌های مکانیکی و گرمایی برای آزمون‌های بارداری به ترتیب ۱.۰–۰ و ۰.٤–۰ و برای آزمون‌های غیر بارداری به‌ترتیب ۲.۰–۰ و ۱.۹–۰ می‌باشد. در این مطالعه میانگین شاخص‌های گرمایی و مکانیکی برای آزمون‌های غیر بارداری مورد بررسی، به‌ترتیب ۰.۳۰±۰.۲۹ و ۱.۰۷±۰.۳۵ و برای آزمون‌های بارداری به ترتیب ۰.۳۲±۰.۲۷ و 1.15±۰.۱۳ بود. بر اسن اساس برای آزمون‌های غیر بارداری، میانگین شاخص‌های گرمایی، مکانیکی و زمان اسکن در حد استاندارد و پایین تر از مقادیر توصیه شده بود. برای آزمون‌های بارداری نیز، میانگین شاخص گرمایی و زمان اسکن، مناسب بوده است در حالی‌که میانگین شاخص مکانیکی، بالاتر از حد مجاز برای سه ماهه اول بارداری بود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که پارامترهای اسکن مورد استفاده در آزمون‌های سونوگرافی مراکز تصویربرداری اهواز مناسب و آزمون‌های بررسی شده نسبتاً ایمن بوده‌اند. با این وجود در رابطه با مناسب بودن همه پارامترهای اسکن برای آزمون‌های بارداری باید دقت بیش‌تری صورت گیرد.

کلیدواژگان: سونوگرافی، شاخص مکانیکی، شاخص گرمایی، مدت زمان اسکن، ایمنی.

۱. مقدمه

توسعه روش تصویربرداری اولتراسوند به‌عنوان یک ابزار تشخیصی مهم در پزشکی، منجر به اقدامات مختلف تخصصی شده است. همچنین، توسعه تجهیزات پیشرفته تشخیصی کیفیت تصویر و دقت تشخیصی را بهبود داده است [۱]. تکنیک‌هایی مانند داپلر پالسی (PD)، تصویربرداری داپلر جریان رنگ (CFI) و تصویربرداری هارمونیک، قابلیت تشخیص را افزایش داده اند. به‌علاوه، از روش‌های تصویربرداری اولتراسوند می‌توان برای معاینات معمول بارداری یا معاینات جنین، به‌ویژه برای ارزیابی ناهنجاری‌های ژنتیکی و تریزومی استفاده کرد [۳،۲]. با این حال، امواج سونوگرافی، بسته به انرژی و فرکانس آن‌ها و همچنین ویژگی‌های محیط انتشار، امکان ایجاد اثرات بیولوژیکی در بافت‌ها را دارند [٤]. تولید گرما و کاویتاسیون محتمل‌ترین اثرات بیولوژیکی سونوگرافی است [٦،٤]. شدت موج فراصوتی هنگام عبور از بافت، به‌دلیل پدیده‌های جذب و پراکندگی، کاهش می‌یابد. انرژی جذب شده به گرما تبدیل می‌شود که می‌تواند درجه حرارت بافت اسکن شده را افزایش دهد. در حالی‌که کاویتاسیون نوسان حباب‌های گاز تحت تأثیر امواج فراصوت به دلیل تغییرات فشار است [٤]. اگرچه مطالعات اپیدمیولوژیک طولانی مدت نتوانسته است اثرات زیان‌باری برای سونوگرافی در انسان نشان دهد [۷]، با این حال، گزارش‌هایی در مورد اثرات سونوگرافی‌های مکرر وجود دارد که نشان می‌دهد که سونوگرافی‌های مکرر قبل از تولد می‌تواند مغز جنین را تحت تأثیر قرار دهد [۱۰،۹]. همچنین، شواهد نشان می‌دهد که به منظور بهبود عملکرد سیستم‌های سونوگرافی و قدرت تشخیصی آن‌ها، ممکن است از سطوح بالاتر خروجی صوتی استفاده شود که این امر احتمال تولید اثرات بیولوژیکی قابل اندازه‌گیری در بافت را افزایش می‌دهد [۱۰،۲]. در این راستا، FDA توصیه می‌کند که دستگاه‌های سونوگرافی حتماً شاخصی برای نشان دادن پتانسیل نسبی اثرات زیستی ناشی از سونوگرافی را نشان دهند. این آیین نامه به‌عنوان استاندارد نمایش در زمان واقعی شاخص‌های خروجی صوتی حرارتی و مکانیکی در تجهیزات سونوگرافی تشخیصی شناخته می‌شود که بیش‌تر به‌عنوان استاندارد نمایش خروجی (ODS) معروف است. روش ODS از شاخص‌های حرارتی (TI) و مکانیکی (MI) تشکیل شده است [٤]. ODS شاخص‌های عددی را به‌صورت بلادرنگ بر روی صفحه نمایش نشان می‌دهد که اطلاعاتی در مورد پتانسیل افزایش دما (TI) و آسیب مکانیکی (MI) فراهم می‌کند [۷]. شاخص حرارتی عبارت است از نسبت توان خروجی به خروجی مورد نیاز در همان مکان به منظور ایجاد یک واحد افزایش دما با استفاده از همان تنظیمات اسکنر [۱۱]. سه شکل TI ممکن است نمایش داده شود که شامل شاخص حرارتی در بافت نرم (TIS)، شاخص حرارتی در استخوان (TIB) و شاخص حرارتی در استخوان جمجمه (TIC) هستند. TIS زمانی استفاده می‌شود که سونوگرافی فقط بافت نرم را نمایش دهد. به‌عنوان مثال اسکن در سه ماهه اول بارداری. TIB هنگامی که پرتوی اولتراسوند به استخوان در ناحیه کانونی یا نزدیک آن برخورد می‌کند، به‌عنوان مثال، در اسکن‌های سه ماهه دوم و سوم استفاده می‌شود. TIC هنگامی که مبدل سونوگرافی بیش از حد به استخوان نزدیک است استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، در اسکن جمجمه نوزادان، کودکان و بزرگسالان [۱٦،۱۱]. همچنین، شاخص مکانیکی توانایی امواج اولتراسوند برای ایجاد حفره و اثرات غیر حرارتی (عمدتاً در هنگام برخورد حباب‌های گاز با سونوگرافی) را نشان می‌دهد، که عبارت است از بیشینه فشار در جهت عکس، تقسیم بر ریشه دوم فرکانس مرکزی دسته پرتو اولتراسوند [۱۷]. این شاخص به مشخصات بافت و پارامترهای اولتراسوند مانند اندازه فشار،

طول پالس و فرکانس بستگی دارد [۱۸،٤]. به‌دلیل عدم وجود فصل مشترک آب هوا در ریه‌ها و روده‌های جنین، که برای مکانیسم کاویتاسیون مورد نیاز است، این اثر در جنین پستانداران ثبت نشده است و تاکنون هیچ شواهد مستقیمی از وقوع این پدیده در انسان وجود ندارد [۲۲،۷]. اثرات حرارتی امواج سونوگرافی، اصلی‌ترین نگرانی است که مربوط به استفاده از این روش تصویربرداری در طول بارداری و دوره حساسیت جنین به گرما (به‌ویژه در طول دوره اندام‌زایی) است [۱۱]. بنابراین، دستورالعمل‌های بالینی (ALARA) برای فناوری سونوگرافی مربوط به حاملگی و ایمنی انسان ایجاد شده است که تأکید می‌کند که خروجی صوتی باید در حد منطقی باشد [۲۳]. طبق آخرین توصیه‌ها، محدوده TI مناسب بین ۰-۱.۰ است و نباید برای مطالعات سونوگرافی در سه ماهه اول و دوم بارداری بیش از ۱.۰ باشد. مقادیر TI بیش‌تر از ۰.۵ و حداکثر ۱ باید به مدت زمان اسکن کمتر از ۳۰ دقیقه محدود شود. در حالی‌که، زمان اسکن برای مقادیر TI بزرگتر از ۲.۵ باید کمتر از ۱ دقیقه باشد. حداکثر نسبت قابل قبول برای TI در سایر اسکن‌های سونوگرافی (به استثنای بارداری) ۲ است [۱٤]. مقادیر TI بزرگتر از ۲ و تا ٦ باید به زمان اسکن کمتر از ۳۰ دقیقه محدود شود. مقادیر شاخص حرارتی بیش‌تر از ٦ باید به زمان اسکن کمتر از ۱ دقیقه محدود شود. اگرچه TI ارتباط مستقیمی با دمای واقعی ندارد، اما بهترین معیار برای تخمین خطر اثرات بیولوژیکی مرتبط با گرما در حین معاینه سونوگرافی است [۱٤،٤]. محدوده MI مناسب، برای معاینات جنینی، در صورت وجود بافت‌های حاوی گاز، بین ۰-۰.٤ است [۲۳،۲۲]. در غیاب بافت‌های حاوی گاز ، مقادیر MI می‌تواند در صورت لزوم افزایش یابد، اما باید کم باشد. در غیاب بافت‌های حاوی گاز و برای معاینات غیر بارداری، حداکثر حد برای مقدار شاخص مکانیکی ۱.۹ است [۱٤]. همچنین، مدت زمان اسکن باید در سه ماهه اول بارداری تا حد ممکن پایین باشد (حداکثر ۵ تا ۱۰ دقیقه) [۲٤].

اگرچه دستورالعمل‌هایی برای تنظیم و ارزیابی خروجی صوتی در طول تصویربرداری فراصوتی تعیین شده است، اما بسته به شرایط اسکن و نیازهای تشخیصی مطالعه، ممکن است برای مدت زمان محدودی سطح مجاز شاخص‌های مکانیکی و حرارتی افزایش یابد تا دقت تشخیصی بهتری به‌دست آید [۱٤]. با توجه به استفاده گسترده از سونوگرافی تشخیصی و نگرانی در مورد رعایت موارد ایمنی به‌ویژه برای معاینات جنین و بارداری، این مطالعه برای ارزیابی مدت زمان اسکن و شاخص‌های مکانیکی و حرارتی برای معاینات سونوگرافی معمول بارداری و غیر بارداری انجام شده است. در این مطالعه معاینات معمول یا پیگیری پاسخ به درمان و تشخیص اولیه در موارد مشکوک به بیماری برای بزرگسالان و کودکان، که توسط سیستم‌های مختلف سونوگرافی در برخی از مراکز تصویربرداری آموزشی انجام شده است، مورد بررسی قرار گرفته است. این اطلاعات ممکن است برای کاربران بالینی مفید باشد.

۲. مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی از نوع مقطعی است که با استفاده از چک لیست طراحی شده توسط محققان بر اساس اهداف مطالعه انجام شده است. اصول اخلاق در تمام مراحل مطالعه رعایت شده است (کد اخلاق: R.AJUMS.REC.۱۳۹۷.٦٤۷، تأیید شده توسط کمیته اخلاق دانشگاه). مدیران بیمارستان‌های آموزشی و بخش‌های تصویربرداری از این مطالعه مطلع بودند. همچنین، رضایت رادیولوژیست‌ها و بیماران قبل از مشاهدات به دست آمد.

با توجه به مطالعات مشابه توسط سایر محققان [۲۷،۲۵]

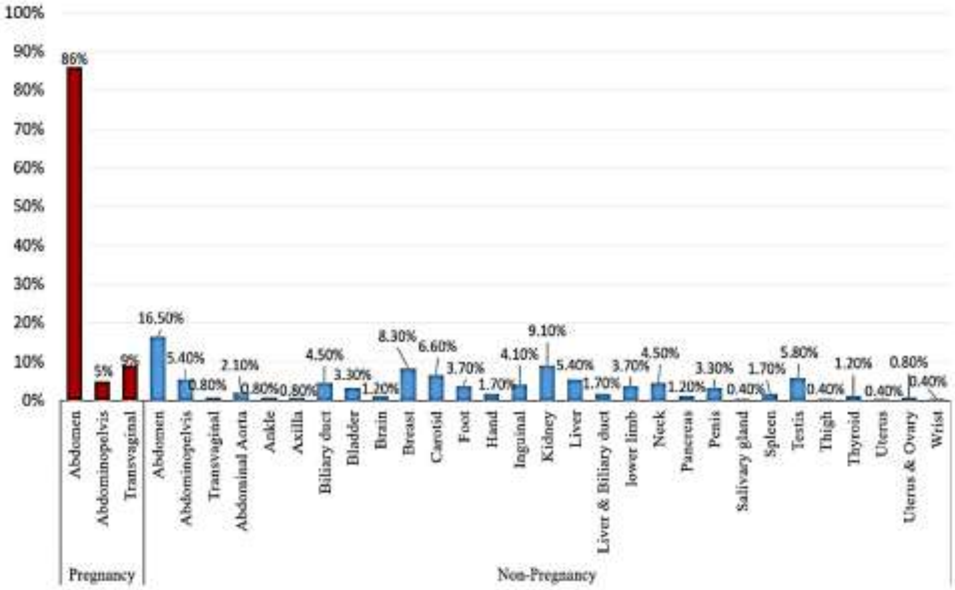
که تعداد نمونه‌ها را ۳۰۰ تا ٤٠٠ نمونه در نظر گرفته بودند، حجم نمونه ۳۵۰ تعیین شد. چک لیست‌ها با مراجعه به بخش‌های تصویربرداری چهار بیمارستان آموزشی و مشاهده مستقیم معاینات سونوگرافی انتخاب شده با روش نمونه‌گیری تصادفی از نمونه در دسترس، تکمیل شدند. از آن‌جاکه هدف از مطالعه بررسی میانگین TI، MI و مدت زمان اسکن به‌عنوان شاخص‌های ایمنی برای اسکن‌های مختلف سونوگرافی بود که در بیمارستان‌های آموزشی انجام می‌شد، معیارهای ورود به مطالعه فقط رضایت رادیولوژیست و رضایت آگاهانه بیمار بود. تمام اسکن‌ها توسط متخصصان سونوگرافی (رادیولوژیست) انجام شد که مربیان دانشجو در مراکز تصویربرداری بیمارستان آموزشی نیز بودند. در طی اسکن سه محقق (دانشجوی سال آخر تحصیلات BSc خود که در بیمارستان‌های آموزشی دوره کارآموزی خود را می‌گذراندند) حضور داشتند و نتایج را ثبت کردند. مقادیر TI و MI از صفحه نمایش سیستم در پایان هر مطالعه و مدت زمان اسکن با توجه به زمان شروع و توقف معاینات به صورت دستی ثبت شد. از چک لیست‌های تکمیل شده، ۲۹ چک لیست به دلیل عدم ثبت کامل نادیده گرفته شدند و ۳۲۱ چک لیست در مطالعه گنجانده شد. مطالعات سونوگرافی بررسی شده شامل: «معاینات معمول بارداری و معاینه NT»، «معاینات معمول و پیگیری پاسخ درمانی» و همچنین «بررسی علائم بالینی و تشخیص اولیه علت احتمالی بیماری‌ها (در موارد مشکوک به بیماری)» بودند. معاینات معمول بارداری و همچنین ناهنجاری‌ها و مشکلات رشد جنین نیز در اسکن‌های بررسی شده زنان و زایمان گنجانده شد. داده‌های جمع آوری شده عبارت بودند از: سن و جنسیت بیمار، دلیل درخواست معاینه سونوگرافی برای بیمار (معاینات بارداری، معاینات روتین، پیگیری پاسخ به درمان بیماران سرطانی یا سایر بیماری‌ها و همچنین تشخیص اولیه)، سن جنین یا هفته حاملگی برای معاینات بارداری، مارک و مدل سیستم سونوگرافی. علاوه بر این، نوع تکنیک سونوگرافی (معمولی یا داپلر)، مقادیر MI و TI که در پایان هر مطالعه روی مانیتور سیستم نمایش داده می‌شود و مدت زمان اسکن برای معاینات سونوگرافی مورد مطالعه ثبت شد. نرم افزار SPSS نسخه ٢٤ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

۳. نتایج

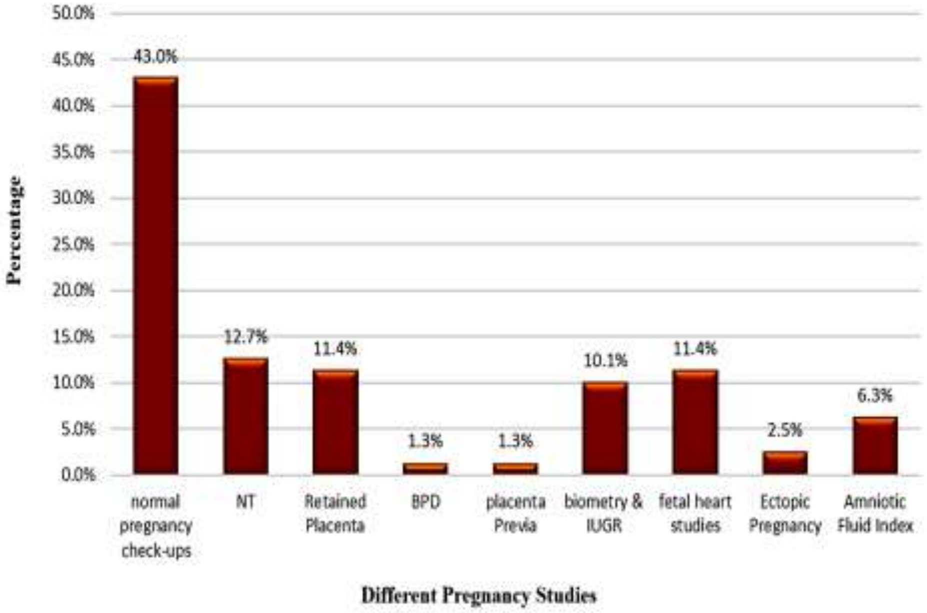
نتایج نشان داد که میانگین سنی بیماران مورد مطالعه ۱۷/۹ ± ٤١/۳ سال بود. از ۳۲۱ اسکن مورد مطالعه، ۱۳۵ مورد (٤٢.١٪) مربوط به آقایان و ۱۸٦ مورد (۵۷/۹٪) مربوط به زنان بود. از بین معاینات زنان مورد مطالعه ، ۷۹ مورد (٤٢.٤٪) به دلیل معاینات بارداری سونوگرافی شده بودند. میانگین سنی بیماران باردار ۵/۱۵ ±۲۹/۸۳ سال بود.

به‌طور کلی، ۲٤۲ بیمار (۷۵/٤ درصد از کل اسکن‌های بررسی شده) به دلیل معاینات غیر بارداری به سونوگرافی مراجعه کرده بودند. بر اساس نتایج، در میان این بیماران، ۱۸ بیمار (۷.٤٪) به دلیل «معاینات معمول و پیگیری پاسخ درمانی» مراجعه کرده بودند و ۲۲٤ بیمار (۹۲.۵٪) برای «بررسی علل علائم بالینی و تشخیص اولیه (در موارد مشکوک به بیماری‌هایی مانند کبد چرب، آنوریسم، سرطان و غیره)».

از روش داپلر برای ۳۵ مورد (٤۵/۵ درصد) از مطالعات بارداری استفاده شده بود و مابقی معاینات بارداری با روش سونوگرافی معمولی انجام شده بود. همچنین، برای معاینات غیر بارداری، از روش سونوگرافی داپلر در ۱۲٦ مورد (۵۲٪) و از روش سونوگرافی مرسوم برای ۱۱٦ مورد (٤۸٪) استفاده شده بود. فراوانی معاینات مختلف سونوگرافی مورد مطالعه بر اساس اندام اسکن شده در شکل ۱ نشان داده شده است. درصد مطالعات مختلف بررسی بارداری با توجه به هدف اسکن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل (۱): فراوانی معاینات مختلف سونوگرافی مورد مطالعه براساس اندام اسکن شده.



شکل (۲): فراوانی مطالعات مختلف بررسی بارداری با توجه به هدف اسکن.

مقادیر متوسط TI، MI و مدت زمان اسکن برای مطالعات سونوگرافی بررسی شده براساس نوع اسکن انجام شده (تکنیک داپلر / معمولی) در جدول ۱ نشان داده شده است.

مقادیر متوسط MI، TI و مدت زمان اسکن برای اسکن‌های مورد مطالعه، براساس علل مختلف ارجاع و ارگان اسکن شده، به‌ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. همچنین، مقادیر میانگین پارامترهای بررسی شده برای مطالعات بارداری مورد مطالعه بر اساس هفته‌های مختلف بارداری، در جدول ٤ نشان داده شده است.

جدول (۱): مقادیر متوسط TI ،MI و مدت زمان اسکن برای مطالعات سونوگرافی بررسی شده براساس نوع اسکن انجام شده (تکنیک داپلر/کانونشنال مود B).

	آزمون‌های بارداری		آزمون‌های غیر بارداری	
	کانونشنال	داپلر	کانونشنال	داپلر
تعداد (درصد)	۴۳ (۵۴٫۴٪)	۳۶ (۴۵٫۶٪)	۱۱۶ (۴۸٪)	۱۲۶ (۵۲٪)
شاخص مکانیکی (MI)	۱٫۱۵±۰٫۱۶	۱٫۱۴±۰٫۱۰	۱٫۰۸±۰٫۳۵	۱٫۰۶±۰٫۳۵
شاخص گرمایی (TI)	۰٫۳۵±۰٫۲۷	۰٫۲۹±۰٫۲۵	۰٫۲۰±۰٫۲۱	۰٫۴۰±۰٫۳۲
زمان اسکن (min)	۹٫۲۶±۵٫۸۶	۱۳٫۴۸±۷٫۳۶	۹٫۷۴±۶٫۱۶	۱۵٫۰۳±۷٫۷۹

جدول (۲): مقادیر متوسط TI ،MI و مدت زمان اسکن برای اسکن‌های مورد مطالعه براساس علل مختلف ارجاع.

علت مراجعه	میانگین و انحراف معیار TI	میانگین و انحراف معیار MI	زمان اسکن
بررسی‌های بارداری و NT	۰٫۳۲±۰٫۲۷	۱٫۱۵±۰٫۱۳	۱۱٫۱۸±۶٫۸۷
چک آپ‌های روتین بارداری	۰٫۳۶±۰٫۲۷	۱٫۱۴±۰٫۱۴	۱۰٫۷۷±۷٫۲۴
بررسی‌های اختصاصی NT	۰٫۱۰±۰٫۰۰	۱٫۲۲±۰٫۰۴	۱۳٫۶۳±۳٫۲۳
چک آپ روتین و بررسی پاسخ به درمان	۰٫۴۱±۰٫۲۹	۰٫۹۴±۰٫۳۴	۸٫۷۷±۶٫۰۲
بررسی علت علائم کلینیکی و تشخیص اولیه	۰٫۲۹±۰٫۲	۱٫۰۸±۰٫۳۵	۱۲٫۷۹±۷٫۵۶

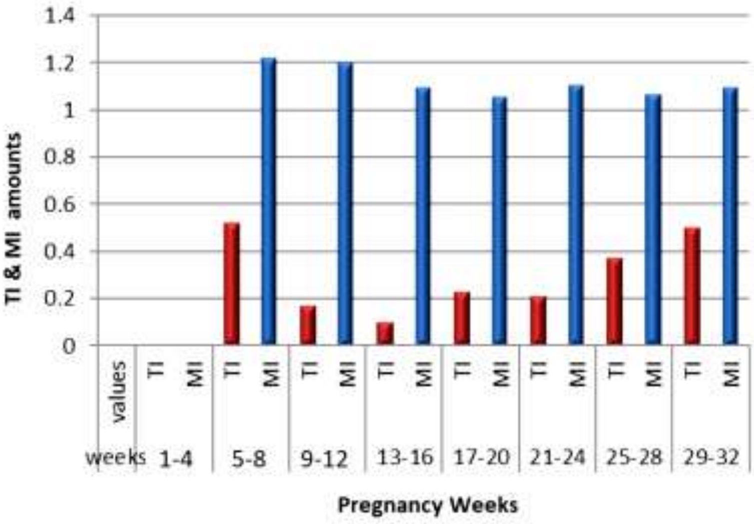
٤. بحث

دستورالعمل‌های بالینی مربوط به فناوری سونوگرافی، مربوط به بارداری و ایمنی انسان مشخص شده است. مطابق این دستورالعمل‌ها، خروجی صوتی باید به اندازه قابل دستیابی منطقی باشد(ALARA) [۲۸،۲۳]. بنابراین، این مطالعه مشاهده‌ای برای ارزیابی مدت زمان اسکن، شاخص‌های حرارتی و مکانیکی به‌عنوان معیارهای خروجی صوتی در مطالعات بارداری معمول و سایر معاینات سونوگرافی انجام شده در بخش‌های تصویربرداری چهار بیمارستان آموزشی انجام گرفته است.

بر اساس نتایج، بیش‌تر معاینات بارداری مورد مطالعه طی هفته‌های ۵–۸ بارداری با هدف ارزیابی ساک بارداری انجام شد. همچنین، اسکن‌های بارداری بررسی شده برای ارزیابی حاملگی‌های طبیعی و غیرطبیعی و ناهنجاری‌های جنین انجام شده بودند. بنابراین، موارد بررسی شده شامل: مطالعات شاخص مایع آمنیوتیک (AFI)، ارزیابی حاملگی خارج رحمی، مطالعات قلب جنین، بیومتری و IUGR (محدودیت رشد داخل رحمی)، جفت Previa، بقایای جفت، ضخامت مایع پشت گردن جنین (NT)، قطر جمجمه جنین، جفت سر راهی. یکی از پارامترهای اساسی بیومتریک است که برای ارزیابی اندازه جنین استفاده می‌شود . BPD همراه با دور سر (HC)، دور شکم (AC) و طول استخوان ران (FL) برای براورد تخمینی وزن جنین محاسبه می‌شوند. همچنین، BPD برای تخمین سن حاملگی، رشد جنین و تشخیص ناهنجاری‌های جنین استفاده می‌شود [۲۹]. علاوه بر این، بخشی از اسکن‌های بارداری بررسی شده، مطالعات سونوگرافی درون رحمی بود که بیش‌تر برای هفته‌های ۵–۸ بارداری برای ارزیابی ساک بارداری انجام می‌شد. زیرا، با استفاده از یک پروب واژینال، ساک حاملگی و ابعاد جنین را می‌توان زودتر از روش شکمی پیدا کرد [۳۱،۳۰].

جدول (۳): مقادیر متوسط MI، TI و مدت زمان اسکن برای اسکن‌های مورد مطالعه، براساس ارگان و ناحیه مورد اسکن.

ناحیه اسکن	میانگین وانحراف معیار TI	میانگین و انحراف معیار MI	میانگین و انحراف معیار زمان اسکن(دقیقه)
شکم	٠.٣١±٠.٢٥	١.١٤±٠.١٣	١٠.٧٤±٥.٦١
شکم- لگن	٠.٤٠±٠.٣٤	١.١٠±٠.١٦	١٨.٧٥±١٩.٢٠
ترنس واژینال	٠.٥٥±٠.٣٦	١.٢٤±٠.١٥	١٠.٠±٥.٥٩
کل	٠.٣٣±٠.٢٧	١.١٤±٠.١٣	١٠.٩٨±٦.٨٨
شکم	٠.٢٤±٠.٢٨	١.١٥±٠.١٣	١١.٠٨±٦.٨٦
آئورت شکمی	٠.٢٦±٠.٠٥	١.٣٠±٠.٠٧	١٧.٠±٤.٤٧
آگزیلاری	٠.١±٠.٠٠	٠.٨٥±٠.٠٧	٣٠.٠±٠.٠٠
شکم- لگن	٠.٣٢±٠.٢٧	١.٢٤±٠.٢٦	١٠.٠٧±٦.٧٥
مچ پا	٠.٢±٠.٠٠	١.٦±٠.٠٠	١٢.٠±٢.٨٢
مجرای صفراوی	٠.١٤±٠.٠٥	١.٢٥±٠.١٤	١٥.٤٥±٢.٦٩
مثانه	٠.١٥±٠.٠٥	١.٠٦±٠.٣٥	٦.٠±٤.٣٠
مغز	٠.١±٠.٠٠	٠.٤٦±٠.١١	٣.٠±١.٠
پستان	٠.٧٤±٠.٢٩	٠.٣٤±٠.٥٤	١١.٢٥±٤.٠٦
کاروتید	٠.٥٦±٠.٣١	١.٢٣±٠.٠٨	١٨.٠±٣.٥٥
کف پا	٠.٧٣±٠.١٣	٠.٨٦±٠.١٩	١٠.٨٨±٧.٠٤
کف دست	٠.١±٠.٠٠	٠.٨٥±٠.٠٥	٢٣.٧٥±١٢.٥
ناحیه اینگواینال	٠.٢٨±٠.١٨	١.٠٧±٠.١٢	٨.٣٠±٣.١٢
کلیه	٠.١٩±٠.١٩	١.٢±٠.١٨	١١.٧٧±٤.٨٣
کبد	٠.١٣±٠.٠٤	١.٣٢±٠.١	١٦.٧٦±٣.١٣
کبد و مجرای صفراوی	٠.١±٠.٠٠	١.١٥±٠.٠٥	٨.٧٥±١.٥٠
اندام تحتانی	٠.٦±٠.٣٥	١.٢١±٠.١٧	١٣.١١±٥.٩٤
گردن	٠.١٤±٠.١٥	١.١٤±٠.١٦	١٢.٣٦±٥.٠٤
پانکراس	٠.٢±٠.٠٠	١.٣±٠.٠٠	١٥.٠±٠.٠٠
پنیس	٠.٢١±٠.٠٣	١.٣١±٠.٠٣	٣٠.٠±١١.٠
غدد بزاقی	٠.١±٠.٠٠	١.٣٠±٠.٠٠	٢٠.٠٠±٠.٠٠
طحال	٠.١±٠.٠٠	١.٣٢±٠.٠٥	١١.٢٥±٢.٥٠
بیضه	٠.٢١±٠.١٤	٠.٩٩±٠.٣٢	٦.٧٨±٣.٢٦
ران	٠.٥±٠.٠٠	١.٢±٠.٠٠	٦.٧٨±٣.٢٦
تیروئید	٠.١±٠.٠٠	١.٢±٠.٠٠	٣٠.٠±٠.٠٠
ترنس وازینال	٠.٢±٠.٠٠	١.٣٠±٠.٠٠	٥.٠±٠.٠٠
رحم	٠.٣±٠.٠٠	٠.٩±٠.٠٠	٧.٠±٠.٠٠
رحم و تخمدان	٠.١±٠.٠٠	١.١٠±٠.٠٠	١١.٠±١.٤١
مچ دست	٠.١±٠.٠٠	٠.٩±٠.٠٠	٤.٠±٠.٠٠
کل	٠.٢٦±٠.٢٧	١.١٠±٠.٢٥	٩.٠٧±٥.٧١



شکل (۳): مقادیر متوسط MI و TI را برای مطالعات بارداری براساس هفته بارداری نشان می‌دهد.

جدول (٤): مقایسه مقادیر میانگین پارامترهای بررسی شده برای مطالعات بارداری مورد مطالعه براساس هفته‌های مختلف بارداری.

هفته	۱-٤	۵-۸	۹-۱۲	۱۳-۱٦	۱۷-۲۰	۲۱-۲٤	۲۵-۲۸	۲۹-۳۲
تعداد (درصد)	۰ (۰٪)	۲۰ (٦٫۲٪)	۱۲ (۳٫۷٪)	۱ (۰٫۳٪)	۱۱ (۳٫٤٪)	۷ (۲٫۲٪)	۱۱ (۳٫٤٪)	٤ (۱٫۲٪)
میانگین و انحراف معیار MI	-	۱٫۲۲±۰٫۰۸	۱٫۲۰±۰٫۰۷	۱٫۱±۰٫۰۰	۱٫۰٦±۰٫۲۳	۱٫۱۱±۰٫۱٤	۱٫۰۷±۰٫۱۱	۱٫۱۰±۰٫۰۰
میانگین و انحراف معیار TI	-	۰٫۵۲±۰٫۲۸	۰٫۱۷±۰٫۱۷	۰٫۱±۰٫۰۰	۰٫۲۲±۰٫۲۳	۰٫۲۱±۰٫۲۱	۰٫۳۷±۰٫۲۷	۰٫۵۰±۰٫۲۳
میانگین و انحراف معیار زمان اسکن (دقیقه)	-	۱۲٫٤۱±۷٫٤۸	۱۲٫۰۸±۵٫٦۹	۱۵٫۰۰±۰٫۰۰	۱۳٫٦۳±۷٫۵۲	۱۱٫٤۲±۸٫۱٦	۹٫۳۷±٤٫۸۱	۱۵٫۵۰±۱٦٫٤٦

به‌طور کلی، بیش‌تر مطالعات واژینال برای ارزیابی کیسه بارداری، کیسه زرده ، حرکت قلب جنین، بررسی بارداری‌های خارج رحمی، اندازه گیری طول CRL (طول قاعده تاج) و آناتومی جنین، در هر دو بارداری‌های طبیعی و غیرطبیعی انجام می‌شود [۳۲].

بر اساس نتایج، روش داپلر متداول ترین روش بررسی در اسکن‌های بارداری و غیربارداری مورد مطالعه بود. از سونوگرافی داپلر می‌توان برای بررسی بارداری‌های پر خطر، بررسی عروق جنین، جفت و رحم استفاده کرد. این مطالعات می‌تواند مرگ و میر جنین را کاهش دهد [۳۳]. نتایج مطالعه ما نشان داد که مطالعات داپلر در بارداری بیش‌تر برای به تصویر کشیدن و تجزیه و تحلیل قلب جنین، ارزیابی گردش خون جنین و همچنین، برای تشخیص ناهنجاری‌های جنین قبل از تولد انجام شده است. همچنین، طبق یافته‌ها، مدت زمان انجام مطالعات داپلر بارداری طولانی تر بود. دلیل این امر می‌تواند اندیکاسیون و علت انجام سونوی داپلر باشد. زیرا هر بخش از بافت‌ها یا اندام‌ها در سونوگرافی داپلر باید تک تک بررسی شود و این موضوع باعث می‌شود مطالعات داپلر، مدت زمان بیش‌تری نسبت به مطالعات سونوگرافی حالت B طول بکشند. اگرچه، میانگین مقادیر TI و MI برای معاینات داپلر در مطالعات بارداری مشاهده شده کمتر از معاینات معمول است، با این حال، استفاده از سونوگرافی داپلر برای معاینات بارداری باید محدود شود. زیرا به‌طور کلی، قرار گرفتن در معرض امواج صوتی می‌تواند در مطالعات داپلر بسیار بیش‌تر از سونوگرافی‌های مرسوم مود B باشد. بنابراین،

سونوگرافی داپلر به‌طور بالقوه جنین را در معرض سطح انرژی بالاتر قرار می‌دهد [۳٤].

همچنین، نتایج نشان داد که تفاوت آماری معنی داری بین پارامترهای بررسی شده اسکن (میانگین TI، MI و مدت زمان اسکن) در مطالعات داپلر و اسکن‌های معمولی در معاینات بارداری وجود ندارد. در حالی که، شاخص حرارتی تفاوت معنی داری از نظر آماری، بین مطالعات داپلر و اسکن‌های معمول مود B برای مطالعات غیر بارداری را نشان داد. به‌طوری که، میانگین TI برای معاینات داپلر بررسی شده، بیش‌تر بود. این یافته با مطالعه نمسکیو و همکاران [۲۲] مطابقت دارد که رابطه آماری معنی داری را بین نوع تکنیک سونوگرافی و میانگین TI گزارش داد. همچنین طبق مطالعه داینه و همکاران [۳۵]، بیش‌ترین میزان TI برای مطالعه عروق جنین با استفاده از روش داپلر رنگی (CGS) به میزان ۳.٦ بود.

بر اساس نتایج، میانگین مدت اسکن برای اسکن‌های بارداری بررسی شده معادل ٦/۸٦ ± ۱۱/۰۸ دقیقه بود. برای سایر معاینات، این مقدار برابر ۷/۵۲ ± ۱۲/۵۰ دقیقه به دست آمد. بنابراین، میانگین مدت زمان اسکن کمتر از حداکثر توصیه شده (۳۰ دقیقه) در منبع [۱٤] و مطابق با سایر مطالعات سونوگرافی بود [۳،۲۲،۳٦،۳۷]. در این زمینه، شینر و همکاران [۳٦] بالاترین مدت زمان اسکن را برای سونوگرافی سه بعدی و بالاترین میزان شاخص‌های مکانیکی و حرارتی را در معاینات سونوگرافی معمولی گزارش کردند که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. همچنین، زیسکین میانگین زمان اسکن را ۲۷ دقیقه برای مطالعات بارداری که توسط سونوگرافی داپلر انجام شده بودند، گزارش کرده است [۳۸].

طبق نتایج، بیش‌ترین مدت اسکن مربوط به مطالعات NT در بارداری بود (۲/۳ ± ۱۳/٦ دقیقه) و بیش‌ترین میانگین شاخص حرارتی مربوط به «معاینات معمول و پیگیری پاسخ درمانی» بود. همچنین، بیش‌ترین مقدار میانگین شاخص مکانیکی و کمترین مقدار میانگین شاخص گرمایی، مربوط به مطالعات NT بود. در این راستا، شینر و همکاران [۳۹] میانگین مدت معاینه اولتراسوند برای مطالعات NT را برابر ٤/۲ ± ۱۱/٦دقیقه گزارش کردند. آن‌ها همچنین، میانگین TI و MI را برای مطالعات NT به ترتیب ۰/۱± ۰/۲ و ۰/۱± ۱/۱ به‌دست آوردند.

نتایج مطالعه حاضر، که شامل روش‌های تصویربرداری سونوگرافی معمولی و داپلر برای بارداری و برخی از معاینات معمول سونوگرافی بود، نشان دهنده تغییرات زیاد در شدت سونوگرافی اعمال شده (شاخص‌های مکانیکی و حرارتی) در مطالعات سونوگرافی مختلف بررسی شده است. برای اسکن‌های بارداری بررسی شده میانگین شاخص‌های حرارتی و مکانیکی به ترتیب ۰/۲۷ ± ۰/۳۲ و ۰/۱۳ ± ۱/۱۵ به دست آمد. بنابراین، در مقایسه با حداکثر مقادیر توصیه شده شاخص گرمایی برابر ۱ و شاخص مکانیکی برابر ۰.٤، به نظر می‌رسد، شاخص مکانیکی اعمال شده، بالاتر از حد مجاز باشد. این در حالی است که مطالعات نمسکیو و همکاران [۲۲] و شینر و همکاران [۷]، شاخص‌های مکانیکی و حرارتی اعمال شده را در مطالعات سونوگرافی کمتر از مقادیر توصیه شده گزارش کرد.

براساس یافته‌ها، میانگین شاخص‌های حرارتی و مکانیکی برای اسکن‌های غیربارداری، به‌طور کلی پایین‌تر از مقادیر توصیه شده برای این نوع مطالعات بودند. همچنین، نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان شاخص حرارتی با میانگین ۰.۲۸ ± ۰.۵۲ مربوط به هفته‌های ۵-۸ و کمترین شاخص گرمایی با میانگین ۰/۰۰ ± ۰/۱۰ مربوط به هفته‌های ۱۳-۱٦ بارداری بود. بیش‌ترین و کمترین مقادیر شاخص مکانیکی با میانگین مقادیر ۰/۰۸ ± ۱/۲۲ و ۰/۲۳ ± ۱/۰٦ به‌ترتیب مربوط به هفته‌های ۵-۸ و ۲۰-۱۷ بارداری بود. بنابراین، میانگین TI در

تمام هفته‌های بارداری در حد مناسب و کمتر از مقدار استاندارد بود. اگرچه TI ارتباط مستقیمی با درجه حرارت واقعی بافت ندارد، اما بهترین تخمین خطر نسبی برای اثر بیولوژیکی ناشی از حرارت هنگام انجام سونوگرافی بالینی است و اپراتور سیستم سونوگرافی می‌تواند از این شاخص‌ها که روی صفحه نمایش داده می‌شوند، برای به‌دست آوردن برآوردی از خروجی صوتی، استفاده کند [۲۲،۳۹]. متأسفانه در مطالعات سونوگرافی بررسی شده، میانگین شاخص مکانیکی برای همه هفته‌های بارداری بالاتر از حد توصیه شده استاندارد بود. با این حال، به دلیل عدم وجود فصل مشترک آب و هوا در جنین، که برای مکانیسم کاویتاسیون مورد نیاز است، اثرات بیولوژیکی ناشی از اثرات مکانیکی سونوگرافی در جنین‌های انسانی احتمال ناچیزی دارند. همچنین، اثرات مکانیکی سونوگرافی بر روی سایر اعضای بدن نیز به‌طور قطعی گزارش نشده‌اند [۲۲،۷].

بر اساس یافته‌های ما، بیش‌ترین مقدار طول اسکن مربوط به هفته‌های ۲۹ تا ۳۲ بارداری با متوسط زمان ۱٦.٤٦±۱۵.۵۰ دقیقه بود. در حالی‌که کمترین مقدار این پارامتر برای هفته‌های ۲۵ تا ۲۸ با میانگین ٤/۸ ± ۹/۲۷ دقیقه بود. علاوه بر این، میانگین مدت زمان اسکن برای هفته‌های ۹–۱۲ بارداری ۵/۶۹ ± ۱۲/۰۸ دقیقه بود که بالاتر از مقدار توصیه شده (۱۰–۵ دقیقه) برای سه ماهه اول بارداری است.

۵. نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل مقادیر TI، MI و مدت زمان اسکن برای معاینات معمول بارداری و غیربارداری انجام شد، زیرا این اطلاعات ممکن است برای کاربران بالینی مفید باشد. در مطالعه ما میانگین مقدار TI برای اسکن‌های بارداری بارداری کمتر از مقادیر مجاز به‌دست آمد. در حالی‌که میانگین MI بالاتر از حد مجاز برای اسکن‌های سونوگرافی سه ماهه اول بارداری بود. برای سایر مطالعات سونوگرافی بررسی شده، شاخص‌های حرارتی و مکانیکی اعمال شده در محدوده سطح توصیه شده بودند. دامنه نسبتاً مناسب مدت اسکن در اسکن‌های بررسی شده مشاهده شد. در نتیجه، براساس مقادیر TI و MI ثبت شده، سطح قرار گرفتن در معرض انرژی صوتی در طول اسکن‌های بارداری و سایر مطالعات بررسی شده، نسبتاً قابل قبول بود. بنابراین، از این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که اسکن‌های سونوگرافی انجام شده در مراکز تصویربرداری بیمارستان‌های آموزشی ایمنی بوده اند. با این حال، به دلیل پارامترهای اسکن بالاتر در مطالعات داپلر، احتمال افزایش قابل توجه دما و اثرات منفی بر جنین وجود دارد. بنابراین، استفاده از تکنیک‌های ایمن‌تر در بررسی‌های منظم بارداری توصیه می‌شود. مودهای سونوگرافی B و M برای معاینات بارداری بی‌خطر است. اما در مود داپلر طیفی و رنگی احتمال خطر وجود دارد [۱۶، ٤۰]. بنابراین، سونوگرافی داپلر فقط باید در معاینات پزشکی معتبر و با کمترین میزان مواجهه استفاده شود و از تکرار اسکن‌های غیرضروری خودداری شود [٤۱،۲۳،٦،۱].

یکی از محدودیت‌های مطالعه ما عدم بررسی موارد حاملگی و پیگیری نکردن بیماران باردار برای مدتی برای یافتن تعداد انجام اسکن اولتراسوند تا زمان زایمان و وضعیت نوزادان بود. بنابراین، مطالعات بیش‌تر در این زمینه، همراه با تلاش برای به حداقل رساندن پارامترهای مرتبط با سیستم سونوگرافی، توصیه می‌شود .

٦. تشکر و قدردانی

این مطالعه بر گرفته از طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی اهواز به شماره طرحproject no.u97173 است.

۷. منابع

1. J. Abramowicz, G. Kossoff, K. Maršál, G. Haar. Literature review by the ISUOG Bioeffects and Safety Committee. *Ultrasound Obstet. Gyneco*. 19 (3) (2002) 318-319.
2. S. B. Barnett, G. Haar, M. C. Ziskin, H.-D. Rott, F. A. Duck, K. Maeda. International recommendations and guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound in medicine. *Ultrasound Med. Biol.* 26 (3) (2000) 355-366.
3. E. Sheiner, I. Shoham-Vardi, M. J. Hussey, et al. First-trimester sonography: Is the fetus exposed to high levels of acoustic energy?. *J. Clin. Ultrasound* 35 (5) (2007) 245-249.
4. E. Sheiner, J. Freeman, J. S. Abramowicz. Acoustic output as measured by mechanical and thermal indices during routine obstetric ultrasound examinations. *J. Ultrasound Med*. 24 (12) (2005) 1665-1670.
5. L. E. Houston, A. O. Odibo, G. A. Macones. The safety of obstetrical ultrasound: a review. *Prenat Diagn*. 29 (13) (2009) 1204-1212.
6. S. Bly, M. C. Van den Hof, Diagnostic Imaging Committee, Society of Obstetricians and Gynaecologists of Canada. RETIRED: Obstetric ultrasound biological effects and safety. *J. Obstet. Gynaecol. Can*. 27 (6) (2005) 572-580.
7. E. Sheiner, J. S. Abramowicz. Acoustic output as measured by thermal and mechanical indices during fetal nuchal translucency ultrasound examinations. *Fetal Diagn. Ther*. 25 (1) (2009) 8-10.
8. H. Kieler, S. Cnattingius, B. Haglund, J. Palmgren, O. Axelsson. Sinistrality—a side-effect of prenatal sonography: A comparative study of young men. *Epidemiology* 12 (6) (2001) 618-623.
9. H. Kieler, S. Cnattingius, B. Haglund, J. Palmgren, O. Axelsson. First trimester ultrasound scans and left-handedness. *Epidemiology* 13 (3) (2002) 370.
10. J. P. Newnham, D. A. Doherty, G. E. Kendall, S. R. Zubrick, L. L. Landau, F. J. Stanley. Effects of repeated prenatal ultrasound examinations on childhood outcome up to 8 years of age: follow-up of a randomised controlled trial. Lancet. 364 (9450) (2004) 2038-2044.
11. G. Haar. Ultrasound bioeffects and safety. *Proc. Inst. Mech. Eng. H.* 224 (2) (2010) 363-373.
12. C. Kollmann, G. Haar, L. Dolezal, M. Hennerici, K. Salvesen, L. Valentin. Ultrasound Output: thermal (TI) and mechanical (MI) indices. *Ultraschall Med*. 34 (5) (2013) 422-434.
13. E. Sheiner, J. S. Abramowicz. A symposium on obstetrical ultrasound: is all this safe for the fetus? *Clin. Obstet. Gynecol*. 55 (1) (2012) 188-198.
14. T. R. Nelson, J. B. Fowlkes, J. S. Abramowicz, C. C. Church. Ultrasound biosafety considerations for the practicing sonographer and sonologist. *J. Ultrasound Med.* 28 (2) (2009) 139-150.
15. C. Kollmann. New sonographic techniques for harmonic imaging—underlying physical principles. *Eur. J. Radiol*. 64 (2) (2007) 164-172.
16. Prepared by the Safety Group of the British Medical Ultrasound Society. Guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound equipment. *Ultrasound*.18 (2) (2010) 52-59.
17. G. Haar. Ultrasonic imaging: safety considerations. *Interface focus*. 1 (4) (2011) 686-697.
18. R. S. Meltzer. Food and Drug Administration ultrasound device regulation: the output display standard, the “mechanical index,” and ultrasound safety. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 9 (2) (1996) 216-220.
19. K. I. Morton, G. R. ter Haar, I. J. Stratford, C. R. Hill. The role of cavitation in the interaction of ultrasound with V79 Chinese hamster cells in vitro. *Br. J. Cancer Suppl.* 5 (1982) 147-150.
20. D. M. Hallow, A. D. Mahajan, T. E. McCutchen, M. R. Prausnitz. Measurement and correlation of acoustic cavitation with cellular bioeffects. *Ultrasound Med. Biol.* 32 (7) (2006) 1111-1122.
21. C. Y. Lai, C. H. Wu, C. C. Chen, P. C. Li. Quantitative relations of acoustic inertial cavitation with sonoporation and cell viability. *Ultrasound Med Biol.* 32 (12) (2006) 1931-1941.
22. D. Nemescu, A. Berescu, M. Onofriescu, D. B. Navolan, C. Rotariu. Safety indices during fetal Echocardiography at the time of first-trimester scan are machine dependent. PLoS One 10 (5) (2015) e0127570.
23. G. Haar. *The New British Medical Ultrasound Society Guidelines for the Safe Use of Diagnostic ultrasound Equipment*. SAGE Publications Sage UK: London, England, 2010.
24. Bioeffects and Safety Committee; K. Salvesen, C. Lees, J. Abramowicz, C. Brezinka, G. Ter Haar, K. Maršál. ISUOG-WFUMB statement on the non-medical use of ultrasound, 2011. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 38(5) (2011) 608-608.
25. D. Nemescu, A. Berescu, C. Rotariu. Variation of safety indices during in the learning curve for color Doppler assessment of the fetal heart at 11+ 0 to 13+ 6 weeks’ gestation. *Medical Ultrasonography.* 17(4) (2015) 469-474.
26. M. Le Lous, P. Bouhanna, C. Colmant, P. Rozenberg, T. Quibel. The performance of an intermediate 16th-week ultrasound scan for the follow-up of euploid fetuses with increased nuchal translucency. *Prenat Diagn*. 36 (2) (2016) 148-153.

27. F. M. McAuliffe, K. W. Fong, A. Toi, D. Chitayat, S. Keating, J. A. Johnson. Ultrasound detection of fetal anomalies in conjunction with first-trimester nuchal translucency screening: a feasibility study. *Am. J. Obstet. Gynecol*. 193 (3) (2005) 1260-1265.
28. Medicine AIoUi. AIUM practice guideline for the performance of obstetric ultrasound examinations. *J. Ultrasound. Med.* 32 (6) (2013) 1083-101.
29. E. Mador, C. Ekwempu, J. Mutihir, G. Adoga, J. Ogunranti. Ultrasonographic biometry: Biparietal diameter of Nigerian foetuses. *Niger. Med. J.* 52 (1) (2011) 41.
30. W. Watson, J. Seeds. *Diagnostic Obstetric Ultrasound*. Glob. Libr. Women's Med. 2008.
31. C. W. Jones, D. Penzkover, R. Pollard, R. S. Kuhlmann. First-Trimester Embryology: An Overview. In J. S. Abramowicz (Ed.), *First-Trimester Ultrasound: A Comprehensive Guide* (1 ed., pp. 59-76), Springer, 2015.
32. A. Kaur, A. Kaur. Transvaginal ultrasonography in first trimester of pregnancy and its comparison with transabdominal ultrasonography. *J. Pharm. Bioallied Sci.* 3 (3) (2011) 329.
33. M. Messawa, E. Ma'ajeni, M. H. Daghistani, A. Ayaz, M. U. Farooq. The role of doppler ultrasound in high risk pregnancy: A comparative study. *Niger. Med. J.* 53 (3) (2012) 116-120.
34. J. S. Abramowicz. Ultrasound imaging of the early fetus: is it safe?. *Imag. Med.* 1 (1) (2009) 85-95.
35. C. Deane, C. Lees. Doppler obstetric ultrasound: a graphical display of temporal changes in safety indices. *Ultrasound Obstet Gynecol*.15 (5) (2000) 418-423.
36. E. Heiner, R. Hackmon, I. Shoham-Vardi, X. Pombar, M. J. Hussey, H. T. Strassner, J. S. Abramowicz. A comparison between acoustic output indices in 2D and 3D/4D ultrasound in obstetrics. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 29 (3) (2007) 326-328.
37. E. Sheiner, I. Shoham-Vardi, X. Pombar, M. J. Hussey, H. T. Strassner, J. S. Abramowicz. An increased thermal index can be achieved when performing Doppler studies in obstetric sonography. *J. Ultrasound. Med.* 26 (1) (2007) 71-76.
38. M. C. Ziskin. Intrauterine effects of ultrasound: Human epidemiology. *Teratology* 59 (4) (1999) 252-260.
39. E. Sheiner, J. S. Abramowicz. Acoustic output as measured by thermal and mechanical indices during fetal nuchal translucency ultrasound examinations. *Fetal Diagn Ther*. 25 (1) (2009) 8-10.
40. R. Hershkovitz, E. Sheiner, M. Mazor. Ultrasound in obstetrics: a review of safety. *Eur. J. Obstet. Gynecol Reprod Biol.* 101 (1) (2002) 15-18.
41. L. E. Houston, A. O. Odibo, G. A. Macones. The safety of obstetrical ultrasound: a review. *Prenat Diagn*. 29 (13) (2009) 1204-1212.