

اهداف رفتاری

پس از پایان این دوره، از فراگیران انتظار می‌رود:

- ۱) با مبانی فیزیکی امواج فراصوت آشنا شوند.
- ۲) موج مکانیکی را بشناسند و مفاهیم و ویژگی‌های یک موج را درک کنند.
- ۳) با روش تصویربرداری سونوگرافی آشنا گردند.
- ۴) روش‌های مختلف کاربرد امواج اولتراسوند در پزشکی را شرح دهند.
- ۵) اجزای دستگاه سونوگرافی را بدانند و نقش هر یک را شرح دهند.
- ۶) کاربردهای سونوگرافی را شرح دهند.
- ۷) با موارد منع انجام سونوگرافی آشنا شوند.
- ۸) مزایا و معایب سونوگرافی را بدانند.

مقدمه

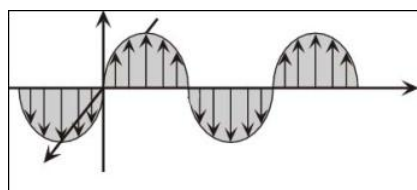
در سال ۱۸۷۶ میلادی، دستگاه سونار (Sonar) یا کشف‌کننده‌ی زیردریایی‌ها ابداع شد. این دستگاه با استفاده از تولید امواج فراصوت، مسیر کشتی‌ها را ردیابی می‌نمود. این امواج بعدها بطور گسترده‌ای در صنعت مثلاً برای آشکارسازی شکاف‌ها در فلزات مورد استفاده قرار گرفتند. نخستین دستگاه تولیدکننده‌ی امواج فراصوت در پزشکی، در سال ۱۹۳۷ میلادی توسط دوسیک اختراع شد. این دستگاه در ابتدا فقط برای مشخص کردن خط وسط مغز بکار می‌رفت، ولی در حال حاضر با پیشرفت تکنولوژی، بصورت یک روش تشخیصی و درمانی مهم درآمده است. پیشرفت روز به روز انواع نسل‌های دستگاه تولید اولتراسوند، تحولات عظیمی در تشخیص و درمان، در علم پزشکی بوجود آورده است.

مشخصه‌های فیزیکی یک موج

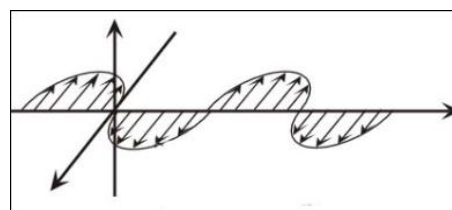
امواج صوتی در واقع همان امواج قابل شنیدن هستند، بدیهی است وقتی صحبت از امواج فراصوت به میان می‌آید، منظور امواجی است که فرکانس آن بالاتر از حد شنوایی انسان (فرکانس مابین ۲۰ هرتز تا ۲۰۰۰۰ هرتز) باشد. امواج صوتی و فراصوت در زمره‌ی امواج مکانیکی (در این دوره آموزشی فقط به موج مکانیکی پرداخته می‌شود) قرار می‌گیرند، این امواج برای انتقال و جابجایی از مکانی به مکان دیگر نیازمند محیط مادی هستند، و با ایجاد یک آشفتگی مکانیکی در محیط (گاز، مایع و یا جامد) انتقال می‌یابند. توجه داشته باشید که در حرکت یا انتشار موج مکانیکی، ماده منتقل نمی‌شود. اگر ارتعاش ذرات در جهت عمود بر انتشار صوت باشد، موج عرضی است که بیشتر در جامدات صورت می‌گیرد و در صورتی که ارتعاش در راستای انتشار امواج باشد، موج طولی است (انتشار در بافت‌های بدن). سرعت امواج صوتی پس از تولید از چشمه، در یک محیط معین، مقداری مشخص و یکنواخت است. سرعت صوت در هر ماده‌ای متفاوت است و می‌توان از روی سرعت، نوع ماده را تشخیص داد.

ویژگی‌های امواج مکانیکی

دسته بندی امواج مکانیکی، براساس وضعیت انتشار آن‌ها نسبت به سطح انتشار است و برحسب جهت انتشار، به دو نوع طولی (موازی سطح انتشار) و عرضی (عمود بر سطح انتشار) تقسیم می‌شوند.



موج طولی



موج عرضی

شکل (۱) انواع امواج

بطور کلی برای بیان ویژگی‌های هر موج ۴ مشخصه‌ی اصلی زیر را در نظر می‌گیرند.

۱- طول موج

فاصله میان دو نقطه در موج که ویژگی فیزیکی یکسانی را داشته باشند. برای نمونه دو مرکز فشردگی (فاصله دو نقطه هم ارز موج) را طول موج می‌گویند.

۲- فرکانس یا بسامد (f)

شمار تکرار کامل موج در یک ثانیه را بسامد یا فرکانس می‌گویند. یکای بسامد مانند دیگر امواج، هرتز است. پس یک هرتز یک

نوسان در یک ثانیه است. یعنی تعداد موج‌ها، یا تکرار نقاط هم ارز موج در واحد زمان (ثانیه) را فرکانس گویند.

۳- دوره تناوب یا پریود (T)

پریود یا دوره تناوب، طول زمانی است که موج یک زنش کامل انجام می‌دهد (مدت زمان لازم برای کامل شدن یک موج). بنابراین وابستگی میان پریود و بسامد چنین است:

$$T = 1/f \quad \text{یا} \quad f = 1/T$$

۴- دامنه

بیشترین فاصله موج از سطح انتشار یا خط تعادل آن را دامنه می‌نامند.

سرعت انتشار موج

فاصله‌ای که موج در واحد زمان می‌پیماید را سرعت موج می‌نامند. سرعت امواج فراصوتی با چگالی محیط انتشار موج و چگونگی فشردگی محیط متناسب است. بطوریکه هر چه ماده متراکم‌تر (چگالی بیشتر) باشد، سرعت بیشتر است. در جامدات سرعت صوت بالاتر است. هر چه توانایی فشردگی ماده بیشتر باشد، سرعت فراصوت کمتر است. در حقیقت فشردگی کسری از تغییر حجم ایجاد شده بوسیله تغییر فشار است. البته در عمل کار به این سادگی نیست، چون این عوامل با هم نسبت عکس دارند، یعنی با افزایش یکی، دیگری کاهش می‌یابد، با این وجود سرعت در هر ماده‌ای ثابت و تغییرناپذیر است. سرعت انتشار موج فراصوت به بسامد بستگی ندارد. مقدار سرعت موج در بافت‌های نرم (متفاوت) به هم نزدیک و کم است ولی در استخوان، بسیار زیاد است (نزدیک چهار برابر نسج نرم).

جدول (۱) سرعت انتشار موج

سرعت Velocity (m/s)	ماده
۳۳۰	هوا
۱۴۹۷	آب
۶۰۰۰ - ۳۰۰۰	فلز
۱۴۴۰	چربی
۱۵۷۰	خون
۱۵۴۰	نسیج نرم

رفتار امواج اولتراسوند در برخورد با ماده

امواج مکانیکی، که فراصوت نیز نمونه‌ای از آن است، در برخورد با اجسامِ سرِ راه، بازتاب می‌یابند. این بازتابش بر چند قسم است. بازتابش آینه‌ای، در برخورد به سطح صاف، تخت و صیقلی صورت می‌پذیرد. در این فرایند، راستای تابش و بازتابش یکسان است. در بازتابش غیرآینه‌ای، موج به سطح ناصاف برخورد می‌کند، که در این حالت فرایند دیگری به نام پراکندگی رخ می‌دهد. در این حالت موج در همه راستاها، منتشر می‌شود.

برخورد امواج فراصوتی به مرز میان دو محیط متفاوت

در صورتیکه موج با زاویه‌ی عمود به مرز مشترک دو ماده برخورد کند، بدون هیچ انحرافی از محیط دوم و در راستای تابش عبور می‌کند. البته بخشی از موج نیز در همان راستای اولیه بازتاب می‌شود. اگر موج بصورت مایل به مرز مشترک دو ماده برخورد کند، و سرعت صوت در دو محیط یکسان نباشد موج در محیط دوم شکسته می‌شود. پس رفتار موج در برخورد و انتشار و انتقال از مواد به سه صورت کلی زیر خواهد بود:

- عبور
- بازتابش
- پراکندگی و شکست.

امپدانس صوتی ماده

هر ماده‌ای در مقابل تغییر وضعیت از خود مقاومت نشان می‌دهند، موج صوتی هم با توجه به ماهیت مکانیکی آن، هنگام عبور از ماده، مولکول‌های آن را به نوسان در می‌آورد. بدین ترتیب هر ماده‌ای در مقابل عبور صوت، مقاومت نشان می‌دهد. به مقاومت ماده در مقابل گذر امواج صوتی، امپدانس می‌گویند.

نسبت بازتابش و گذر

در هنگام عبور امواج از دو محیط که در تماس کامل با یکدیگر (بدون فاصله و کاملاً چسبیده به هم) باشند و امپدانس صوتی دو محیط با هم برابر باشد؛ امواج بدون اینکه تحت تأثیر دو محیط قرارگیرند، از آن محیط عبور می‌کنند؛ البته امکان ایجاد شکست هم وجود دارد. ولی زمانی که امپدانس‌های صوتی دو محیط با هم برابر نباشند موج تابنده به پیروی از شرایط فیزیکی دو محیط، سرعت موج و چگالی متفاوت دو ماده، در مرز مشترک این دو، به دو بخش بازتابشی و گذری تقسیم می‌شوند.

پژواک

هنگامی که امواج صوتی به دیواره یک سطح سخت (چگال‌تر) برخورد کنند (مثل برخورد به کوه)، بازتاب می‌یابند. اگر اندازه دیواره سخت (سطح بازتاب کننده) نسبت به اندازه طول موج امواج تابشی بسیار بزرگتر باشد، پژواک، بازتاب قوی یا اکو بوجود می‌آید. هر اندازه که دانسیته یا چگالی محیط دوم (رویه بازتاب کننده) بیشتر باشد، دامنه بازتابش بلندتر و امواج شنیدنی آشکارتر خواهند بود (انعکاس فریاد در برخورد با سنگ‌های کوه). از سوی دیگر هر چه طول موج تابنده کوچکتر باشد، بازتاب اکو بهتر انجام می‌شود (مانند این است که رویه بازتاب دهنده بزرگتر است). بنابراین پدیده بازتابش در امواج فراصوت که طول موج کوتاهی دارند، بهتر انجام می‌شود. برای نمونه اگر غده یا توموری در حد سانتی‌متر در بافت کبد وجود داشته باشد، به علت اختلاف امپدانس صوتی میان بافت سالم کبد و بافت توموری و همچنین اختلاف قابل توجه میان طول موج فراصوت (نزدیک به ۱ میلی‌متر) و ابعاد تومور، امکان بازتاب در مرز مشترک غده و بافت سالم وجود خواهد داشت و بازتابش در این مرز مشترک به بهترین صورت نمایان می‌شود.

جذب و کاهش شدت امواج فراصوتی

هنگام گذر موج فراصوتی در محیط، انرژی آن جذب محیط می‌شود. در این پدیده انرژی گرفته شده از موج تابشی آغازین، پس از زمان ویژه‌ای به نام زمان دیرکرد به موج تابشی نخستین می‌پیوندد. جذب شدید انرژی موج فراصوتی تابشی، هنگامی انجام می‌گیرد که در پدیده‌ی رهایی از فشار، موجی که به موج تابشی آغازین می‌پیوندد، در برابر آن باشد (اختلاف فاز). در اینجا اندازه انرژی جذب شده به اندازه انرژی تابشی آغازین که تغییر شکل داده، بستگی خواهد داشت.

در بسامدهای پایین فراصوتی، زمان دیرکرد که انرژی تغییر شکل یافته به موج تابشی آغازین می‌پیوندد، کوچک و نادیده-گرفتنی است، پس جذب شدید نیست ولی اندازه جذب با افزایش بسامد افزایش می‌یابد و هنگامی به بیشترین اندازه خود می‌رسد که انرژی تغییر شکل یافته برای پیوستن به موج تابشی آغازین درست در برابر آن جا گیرد (اختلاف فاز کامل). اگر بسامد از این اندازه بالاتر رود زمان برای تغییر شکل انرژی کوچک شده و در این جا اندازه جذب، باز کاهش می‌یابد.

تضعیف

تضعیف مقداری از انرژی دسته موج فراصوت است که به علت جذب و پراکندگی در برخورد به مواد مختلف ایجاد می‌شود. این کاهش به جنس ماده (ویسکوزیته) و فرکانس موج تابش وابسته است. هرچه محیط فشرده‌تر باشد، کاهش (تضعیف) بیشتر است. برای مثال این مقدار برای ماهیچه بیشتر از خون است. در سونوگرافی از این پدیده با ارزش در تشخیص نوع ماده استفاده می‌شود و بر اساس اطلاعات دریافتی، بصورت نقاطی با رنگ‌های متفاوت (رنگی یا درجه‌ای از سیاهی تا خاکستری و سفید) رؤیت می‌شوند. برای مثال نقطه‌های روشن، نشان دهنده بافتی نرم است، چون در این جا تضعیف کمتری نسبت به نقطه‌های تاریک صورت گرفته است و موج فراصوتی با انرژی بیشتری همراه است (یک کیست هیدراتیک). در جایگاه نقطه‌های تیره، بافت‌های سخت‌تر وجود دارد و در این نقطه‌ها کاهش بیشتری داریم (مانند یک تومور). کاهش انرژی در یک بافت در حالت‌های مختلف متفاوت است ولی در کاربرد آن را یکسان می‌گیرند.

روش‌های تولید امواج فراصوت

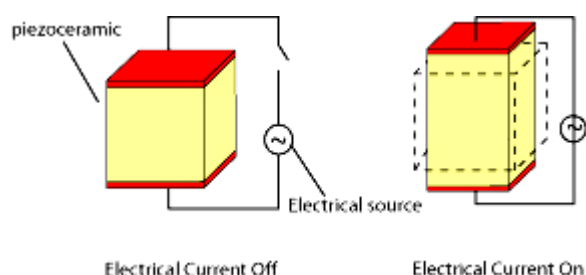
روش پیزوالکتریک

برخی از بلورها در اثر فشار مکانیکی، نیروی الکتریکی تولید می‌کنند و برعکس اعمال اختلاف پتانسیل در دو سوی همان بلور و در راستای مشابه، باعث فشردگی و انبساط آن می‌شود. استمرار این فشردگی و انبساط باعث ایجاد نوسان و تولید امواج مکانیکی می‌شود. به بیان دیگر این نوع بلورها می‌توانند فشار مکانیکی را به نیروی الکتریکی و بالعکس تبدیل کنند. تأثیر متقابل فشار مکانیکی و نیروی الکتریکی را در یک محیط اثر پیزوالکتریسیته می‌گویند و مواد (بلورهای) دارای این ویژگی را مواد پیزوالکتریک می‌گویند. اثر پیزوالکتریسیته فقط در بلورهایی که فاقد تقارن مرکزی هستند، وجود دارد. برخی از مواد متبلور طبیعی، دارای خاصیت پیزوالکتریسیته هستند. اولین ماده‌ای که دارای این خاصیت بود و برای ایجاد امواج فراصوت استفاده شد (هم اکنون نیز استفاده می‌شود) بلور کوارتز است.

روش مگنتواستریکسیون

این خاصیت تحت تأثیر میدان مغناطیسی در مواد فرومغناطیس وجود می‌آید. مواد فرومغناطیس، موادی هستند که از نظر ساختمانی، دارای دو قطبی‌های مغناطیسی کوچکی هستند که بطور خودبه‌خود با دو قطبی‌های مجاور خود هم‌خط می‌شوند.

برای تصور و تفهیم عملکرد آن‌ها می‌توان فرض کرد که مواد فرومغناطیس از آهن رباهای کوچکی که کنار هم چیده شده‌اند، تشکیل شده‌است. هنگامی که این مواد را در میدان‌های مغناطیسی قرار دهیم، طول ساختارهای آهنربایی فوق، کمی تغییر می‌کند. در نتیجه بسته به فرکانس جریان متناوب، ماده به نوسان درمی‌آید و در نهایت می‌تواند امواج فراصوت را تولید نماید. شدت امواج تولید شده به این روش برای کاربردهای پزشکی کم است و به همین دلیل بیشتر کاربرد آزمایشگاهی دارند.



شکل (۲) نمایش تغییر ضخامت بلور پیزوالکتریک در دو حالت اتصال جریان الکتریکی و قطع

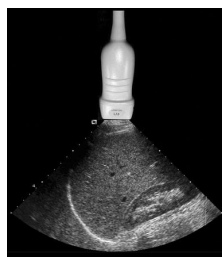
سونوگرافی و امواج فراصوت

کلمه سونوگرافی از لفظ لاتین (sound) به معنی صوت و نیز (graphic) به معنی شکل و ترسیم، (به معنی ترسیم با استفاده از صوت)، گرفته شده است. اولتراسوند (ultrasound) نیز از دو کلمه اولترا (ultra) به معنی ماورا و نیز سوند (sound) به معنی صوت یا صدا، (به معنی ماوراء صوت یا فراصوت) گرفته شده است.

در کاربرد امواج فراصوت در پزشکی، فقط از کریستال‌های سرامیکی که به طور مصنوعی تولید می‌شوند، استفاده می‌شود. نمونه‌ای از این نوع کریستال‌ها، مخلوطی از زیرکونیت و تیتانیت سرب (Lead zirconat & titanat) است که دارای خاصیت پیزوالکتریسیته‌ی قوی هستند. در تجهیزات پزشکی به این دسته از مواد که به عنوان ماده واسط برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی و بالعکس استفاده می‌شوند، مبدل یا ترانسدایوسر (transducer) گفته می‌شود. یک ترانسدایوسر اولتراسونیک قادر است پالس الکتریکی را به انرژی فراصوت تبدیل نماید، بطوریکه موج حاصل قدرت نفوذ به داخل بافت بدن را داشته و انرژی فراصوت انعکاس یافته را نیز به پالس الکتریکی تبدیل نماید. بدین ترتیب می‌توان پاسخ بافت را متناسب با ساختار داخلی آن، بصورت پالس الکتریکی نمایان ساخت. در نهایت یک پردازشگر کامپیوتری، بر اساس مشخصات پالس حاصل، تصویر سونوگرافی را بر روی مانیتور به تصویر می‌کشد و اپراتور پس از اعمال تنظیمات لازم و در صورت نیاز، سونوگرام را پرینت می‌گیرد.

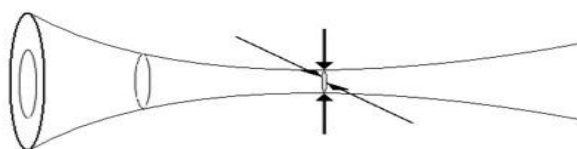
ترانسدیوسر یا مبدل

در کارهای تشخیصی همواره دسته باریکی از امواج فراصوتی برای ارسال و دریافت اکوها از بافت لازم است. این امر به وسیله یک صفحه پیزوالکتریک، که با دو الکترود صفحه‌ای موازی برانگیخته شده‌ی حامل بار الکتریکی، انجام می‌شود. بلور در ترانسدیوسرها می‌تواند هم به عنوان فرستنده امواج فراصوت و هم گیرنده امواج کار کند. در حالت گیرنده تپ‌های (پالس‌های) ایجاد شده بوسیله بازتابش را دریافت می‌نماید. این بازتابش‌ها یا اکوها در به تصویر کشیدن یک سونوگرام بکار می‌رود.



شکل (۳) نمایش یک ترانسدیوسر و سونوگرام در پنجره اسکن آن

دو طرف بلور دارای پوشش فلزی است که بسیار نازک بوده و برای بردن ولتاژ از آن انجام می‌شود. فرکانس ترانسدیوسر به ویژگی‌های مکانیکی بلور وابسته است. بلوری که به وسیله پالس الکتریکی انگیزته می‌شود، تغییر بعد داده و امواج فراصوتی را تولید می‌کند. ترانسدیوسر فراصوتی، بصورت یک چشمه فراصوتی عمل می‌کند. این امواج در آغاز بصورت موازی هستند و سپس واگرا شده و از یکدیگر دور می‌شوند. بنابراین دو ناحیه بوجود می‌آید: یکی میدان نزدیک و دیگری میدان دور.



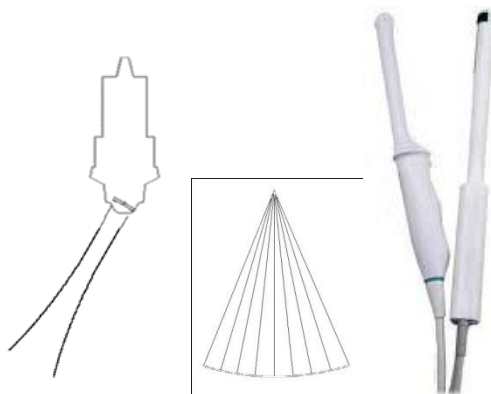
میدان نزدیک

میدان دور

شکل (۴) میدان ایجاد شده توسط ترانسدیوسر

ترانسدیوسرهای فراصوتی تخصصی

در حال حاضر جهت بررسی اندامهای داخلی و یا نزدیک به سطح بدن مانند رکتوم و واژن و همچنین اعضای مجاور آنها، پروپهای کوچکی (بزرگتر از یک مداد) مخصوص بررسیهای داخل حفره‌ای ساخته شده است. برخی از این دستگاهها تنها یک بلور دارند، که قادر به چرخش مکانیکی و قطاع دایره‌ای با زاویه ۴۵ تا ۹۰ درجه هستند.



شکل (۵) نمایش پروپ داخل حفره‌ای و ترسیمی از حرکت مکانیکی آن

A-Scan ، اسکن دامنه

A-Scan از واژه Amplitude scan گرفته شده است که ساده‌ترین گونه نمایش فراصوت می‌باشد. این روش برای بررسی مرز مشترک بافت‌های متفاوت سر راه امواج ارسالی است. اسکن دامنه، فاصله دو بازتابنده و اندازه بازتابش را به ما نشان می‌دهد. می‌توان از موج فراصوت، برای اندازه‌گیری عمق مرز مشترکی که بتواند بازتابش ایجاد کند استفاده نمود. پردازش داده‌ها فقط بر اساس دامنه‌ی امواج بازتاب شده انجام می‌شود. اگر این فرایند با سرعت کافی و بیش از بیست بار در ثانیه تکرار شود، فاصله بین پالس‌ها توسط بیننده، درک نشده و به وی احساس دید بدون وقفه و زمان واقعی (مثل فیلم) را می‌دهد. در اسکن دامنه، خروجی به صورت طیف نمایان می‌شود.

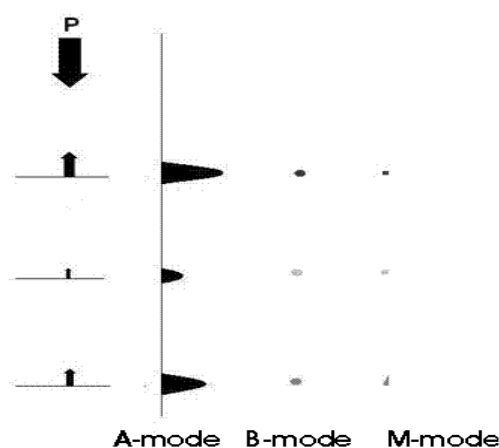
B.Scan ، اسکن روشنایی

B.Scan از واژه Brightness scan به معنی اسکن روشنایی گرفته شده است و در این روش به جای این که دامنه امواج نشان دهنده‌ی بازتاب‌های برگشتی باشد، می‌توان یک سری نقطه در راستای محور دید، به وجود آورد. به عبارتی هر نقطه‌ی روشن بیانگر یک بازتابش است و مقدار روشنایی آن متناسب با دامنه امواج بازتابشی است. مانند اسکن دامنه در این حالت نیز تنها یک راستای بخصوص دیده می‌شود. یعنی اسکن دامنه و روشنایی فقط اطلاعات حاصل در راستای یک خط را

نشان می‌دهند. اسکن روشنایی دو بعدی مبنای سونوگرافی دو بعدی است، که از مجموع دسته نقاط اسکن روشنایی در یک سطح حاصل می‌شود.

M.Scan ، اسکن حرکتی

با به‌کارگیری روش اسکن روشنایی می‌توان نمایش حرکت و زمان را با هم تلفیق نمود. از این روش در اکوگرافی و در عضوهای متحرک استفاده می‌شود و بر حسب این که جهت ترانسدویسر در چه وضعیتی باشد، سطح‌های مختلف عضو (در جهات گوناگون) بررسی می‌شوند. بعلاوه می‌توان اندازه‌گیری‌های کمی را نیز انجام داد. این روش در بررسی حرکت‌های دیافراگم، سطوح دیواره آئورت، قلب و رگ‌های بزرگ قلب کاربرد دارد .



شکل (۶) مقایسه سه روش اسکن دامنه، روشنایی و حرکتی

سونوگرافی و انواع آن

امواج فراصوت در امر تشخیص و درمان کاربردهای بسیار زیادی دارند. سونوگرافی یک تست تشخیصی است که با استفاده از امواج با فرکانس بالا می‌تواند تصویر قابل قبولی از فضای داخل بدن را ترسیم کند. هر چند واژه اولتراسوند با سونوگرافی متفاوت است، اما در زبان محاوره به اشتباه این دو، معادل هم در نظر گرفته می‌شوند. دستگاه سونوگرافی با توجه به کاربرد و نوع تجهیزات و امکانات آن بر چند نوع است:

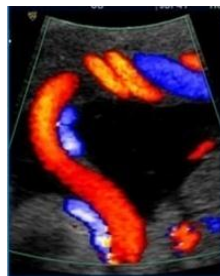
- سونوگرافی استاندارد: این روش همان روش مرسوم سونوگرافی است که پروب سونوگرافی بر روی شکم قرار داده می‌شود تا از وضعیت ساختار داخل بدن تصاویر دو بعدی تهیه شود.

- سونوگرافی داخل حفره‌ای: در این روش پروب سونوگرافی داخل یکی از حفره‌های سطحی بدن مانند واژن قرار داده می‌شود. از این روش بیشتر در مراحل ابتدائی بارداری، و ناهنجاری‌های رحم و تخمدان استفاده می‌شود.
- سونوگرافی داپلر: با این تکنیک تغییرات خیلی جزئی در فرکانس امواج رفت و برگشتی به‌خوبی نمایان می‌شود. به عنوان مثال جریان خون در عروق سرخرگی (جریان نزدیک شونده) و سیاهرگی (جریان دور شونده). تصاویر داپلر در ارزیابی انسداد جریان خونی مانند لخته خونی، تنگی عروق (که ممکن است به وسیله پلاک به وجود آمده باشد)، ارزیابی تومور و بدشکلی‌های مادرزادی بسیار کمک کننده است.
- اکوکاردیوگرافی جنین: در این روش از امواج اولتراسوند جهت ارزیابی شکل و عملکرد قلب جنین استفاده می‌شود. معمولاً در موارد مشکوک به بیماری‌های مادرزادی قلب از این روش بررسی استفاده می‌شود.

سونوگرافی داپلر

مبنای این روش براساس یک پدیده فیزیکی به نام اثر داپلر است. بیان علمی اثر داپلر اولین بار توسط کریستین داپلر در سال ۱۸۴۲ ارائه شد. این اثر، تفاوتِ دلیلِ درکِ امواج در حال نزدیک شدن و دور شدن را بیان می‌دارد. برای مثال صدای ماشینی را که از مسافتی دور از شما، در حال نزدیک شدن و گذر از کنارتان است را در نظر بگیرید. صدای ماشین وقتی که به شما نزدیک می‌شود با وقتی که از کنار شما در حال دور شدن است، کاملاً فرق دارد و مغز برحسب عادت قادر به درک این دو حالت است. فرق اصلی در این دو حالت، در واقع تفاوت در فرکانس موج در حال نزدیک و یا دور شدن نسبت به ناظر یا گیرنده است. به ترتیبی که اگر منبع موج به سمت ناظر در حال حرکت باشد (یا برعکس ناظر به سوی منبع حرکت کند) در حالت نزدیک شدن، ابتدا فرکانس افزایش یافته و برعکس هنگام دور شدن فرکانس آن کم می‌شود.

سونوگرافی داپلر یک روش سونوگرافی تخصصی است که مسیر و سرعت حرکت ترشحات و مایعات داخل مجاری ترشچی (مثل غدد شیری) و عروق خونی (بررسی جریان خون بند ناف) را میسر می‌سازد.



شکل (۷) جریان خون در بند ناف جنین (قرمز = خون سرخرگی و آبی = خون سیاهرگی)

برای مثال حرکت سلول‌های خونی در جفت باعث تغییر در فرکانس و تن صدای امواج صوتی برگشتی می‌شود. در نهایت اطلاعات دریافتی به واحد کامپیوتر ارسال می‌شود و مورد پردازش قرار می‌گیرد. نمایش اطلاعات پردازش شده به صورت تصاویر رنگی و یا نوشتاری که نمایانگر سرعت و جهت جریان خون است، به تصویر کشیده می‌شود. روش داپلر در بررسی بافت‌های متحرک به گونه گسترده‌ای در پزشکی بالینی کاربرد دارد. اگر برای هر سرعتی، رنگی در نظر گرفته شود سرعت-های گوناگون درون بافت‌ها را می‌توان با رنگ‌های متفاوت نشان داد. رنگ‌های بکار گرفته شده از سرخ تا آبی تغییر می‌کند. برای فرکانس‌های بالا رنگ قرمز و فرکانس‌های کم، رنگ آبی تخصیص داده می‌شود. رنگ هر اکو متناسب با سرعت آن است، و از یک گستره کم رنگ تا پررنگ تغییر می‌کند. بنابر همین دلیل به این روش، داپلر رنگی می‌گویند.

دستگاه داپلکس

در این دستگاه تصویر حاصل از داپلر رنگی را با تصویر حاصل از اسکن روشنایی تلفیق می‌کند. بدین ترتیب ترکیبی از آناتومی و حرکات یک عضو به صورت تغییر رنگ دیده می‌شود. در این تکنیک ابتدا یک اسکن روشنایی ساکن از عضو مورد بررسی انجام می‌شود، سپس با استفاده از سیستم داپلر رنگی جریان‌های مایع و حرکات عضو متناسب با محل و وضعیت قرار گرفتن ترانسدایوسر تشکیل می‌شود. تصویر بدست آمده بر پایه تغییر دامنه امواج و تغییر بسامد امواج انتشاری می‌باشد، که در نهایت بوسیله سیستم پردازشگر کامپیوتر بر روی مانیتور روی هم انداخته شده و نمایش داده می‌شود. برای نمونه اگر بخواهیم رگی را بررسی کنیم درون رگ را قرمز پررنگ می‌بینیم، که با نزدیک شدن به دیواره‌ها سرخی آن کمرنگ‌تر می‌شود. با استفاده از ترفندهای کامپیوتری می‌توان بر روی تصویر صدا گذاری هم نمود. در دستگاه داپلکس سه کار همزمان انجام می‌شود:

۱- دیدن تصویر عضو تحت بررسی

۲- دیدن چگونگی حرکت از راه تغییر رنگ

۳- بدست آوردن اندازه سرعت و دیدن شکل موج

این روش بیشتر در تشخیص بیماری‌های قلبی و عروقی مانند نارسایی‌های تلمبه قلبی و گرفتگی رگ‌ها به کار می‌رود. اگر در یک رگ، گرفتگی وجود داشته باشد می‌توان آن را دید.

دستگاه سونوگرافی

دستگاه سونوگرافی شامل سه جزء اصلی پروپ، میز کنترل عوامل تصویربرداری و پردازش تصویر و مانیتور است. دستگاه‌های سونوگرافی ترکیبی از صفحه کنترل (کنسول: سیستم کامپیوتری و الکترونیکی)، صفحه نمایشگر ویدئویی و یک ترانسدایوسر(پروپ) هستند. پروپ یک وسیله دسته‌دار کوچک مشابه میکروفون است که در سر آن یک ماده پیزوالکتریک

قرار دارد و به وسیله سیم رابط به میز کنترل متصل می‌باشد. وظیفه پروپ، تولید و ارسال امواج صوتی پرفرکانس و دریافت امواج صوتی بازگشتی از بدن است. به عبارتی پروپ یک بار امواج صوتی را می‌فرستد و سپس امواج برگشتی (اکو) را از بافت بدن می‌گیرد (اصول کار شبیه سیستم سونار مورد استفاده در قایق‌ها و زیردریایی‌ها است). پروپ دستگاه سونوگرافی، انواع مختلفی دارد، مانند:

- پروپ خطی (Liner)
- پروپ آندوکاویند یا واژینال
- پروپ پکتوریال (Pectorial).

تصویر سونوگرافی بلافاصله در صفحه مانیتور قابل نمایش است. تصویر خلق شده بر پایه نوسان (دامنه)، فرکانس و زمان موج سیگنال صوتی برگشتی از بیمار است.



شکل ۸) از راست به چپ دستگاه سونوگرافی، اجزاء یک دستگاه سونوگرافی پرتابل، پروب‌های مختلف سونوگرافی

روش کار در سونوگرافی

تصویر سونوگرافی بر پایه همان اصول رفت و برگشت صوت عمل می‌کند. با اندازه‌گیری مشخصه‌های امواج برگشتی یا اکو می‌توان فاصله و اندازه، شکل، جنس (جامد یا مایع و یا ترکیبی از هر دو نوع) مورد بررسی را تخمین زد.

در پزشکی، سونوگرافی برای نمایش تغییرات ظاهری ارگان‌ها، بافت‌ها، عروق و کیست‌ها یا توده‌های غیرطبیعی مانند تومور و چربی به کار می‌رود. در سونوگرافی، پروب هم قابلیت ارسال امواج صوتی و هم دریافت اکوهای برگشتی را دارد. یعنی هم گیرنده است و هم فرستنده. اکوهای برگشتی به دست آمده بلافاصله اندازه‌گیری شده و به وسیله کامپیوتر نمایش داده می‌شوند و به صورت زمان واقعی (real time) خواهند بود، البته یک و یا چند فریم از تصاویر به صورت ثابت هستند.



شکل ۹) نحوه انجام سونوگرافی داپلر

جهت انجام سونوگرافی ابتدا باید برای اجتناب از انعکاس فوری امواج ارسالی در برخورد به سطح پوست (بعلت تفاوت ناگهانی جنس و چگالی سر ترانسدایوسر و سطح پوست)، موضع مورد مطالعه با یک ماده لزج (لوبریکانت) مانند روغن معدنی یا ژل، پوشیده شود و سپس پروب دستگاه روی موضع در تماس با پوست قرار گیرد. رایانه‌ای نیز برای تبدیل اطلاعات صوتی به تصویر استفاده می‌گردد. انجام سونوگرافی بصورت سرپایی میسر می‌باشد.

مزایا و معایب سونوگرافی

مزایا

- بیشتر سونوگرافی‌ها غیر تهاجمی و بی‌درد هستند.
- سونوگرافی روشی راحتی، آسان و در دسترس است و در مقایسه با سایر متدهای تصویربرداری، ارزان است.
- سونوگرافی سلامت فرد را به خطر نمی‌اندازد؛ بنابراین روشی تکرار پذیر است.
- در سونوگرافی از پرتوهای یونیزان استفاده نمی‌شود؛ بنابراین مخاطرات حاصل از پرتوهای یون‌ساز را ندارد.
- تصویر نسج نرم را در سونوگرافی می‌توان مورد بررسی قرار داد؛ در حالی که در رادیوگرافی معمولی نسج نرم به خوبی دیده نمی‌شود.

- سونوگرافی، تصاویر را به صورت زمان واقعی (real time) نمایش می‌دهد. بنابراین ابزار خوبی برای انجام روش-های نسبتاً غیرتهاجمی مانند بیوپسی و آسپیراسیون سوزن است.

نقاط ضعف

- با توجه به ماهیت مکانیکی بودن این امواج و طریقه انتقال آن در مواد، انجام سونوگرافی در بررسی جنین، باید با احتیاط انجام شود (در ادامه شرح داده شده است). به غیر از این مورد، تاکنون در سونوگرافی تشخیصی استاندارد، هیچ‌گونه اثر مضر روی انسان مشاهده نشده است.
- امواج اولتراسوند جهت انتقال، به محیط مادی نیاز دارند و در طی مسیر حتی به وسیله هوا و گاز هم شکسته و جذب می‌شوند. بدین لحاظ سونوگرافی روش مطلوبی برای بررسی روده و ارگان‌های پشت روده نیست. در اینگونه بررسی‌ها بهتر است از سایر روش‌ها مانند: رادیوگرافی با استفاده از ماده حاجب، سی‌تی‌اسکن و ام‌آرآی استفاده نمود.
- انجام سونوگرافی در بیماران چاق و یا تنومند نیز خالی از اشکال نیست و تصاویر حاصل دارای کیفیت پایینی هستند.
- سونوگرافی بطور چشمگیری ارزان‌تر و ایمن‌تر از CT اسکن است؛ ولی باید در نظر داشت که دقت آن در همه موارد به اندازه سی‌تی‌اسکن نبوده و نمی‌تواند به‌عنوان روش جایگزین مطرح شود.
- وجود پانسمان و زخم پوستی بر روی محل انجام آزمون، از دقت سونوگرافی می‌کاهد. مثلاً در سوختگی‌های شدید انجام سونوگرافی غیرممکن است.

کاربرد تشخیصی (سونوگرافی)

همانطور که می‌دانیم رفتار امواج فراصوت در برخورد با نسوج بدن مانند پرتوهای یونیزان نیست و تاکنون هم اثرات زیانبار و پر مخاطره‌ای در رابطه با انجام آن گزارش نشده است. به همین دلیل استفاده از این امواج را به عنوان یک تکنیک بی‌خطر یاد می‌کنند. سونوگرافی در واقع به ترسیم کشیدن اجزای داخلی بدن توسط امواج فراصوت است. از روش تشخیصی سونوگرافی در تشخیص بیماری‌ها و بررسی میزان سلامتی ارگان‌های مختلفی استفاده می‌گردد. در زیر فهرستی از این زیرشاخه‌ها آورده شده است.

بیماری‌های مغز و اعصاب (Neurology) مانند بررسی تومور مغزی، خونریزی مغزی به صورت اکوگرام مغزی یا اکوانسفالوگرافی.

بیماری‌های چشم (**ophthalmology**) مانند تشخیص اجسام خارجی در درون چشم، تومور عصبی، خونریزی شبکیه، اندازه‌گیری قطر چشم، فاصله عدسی از شبکیه.

بیماری‌های کبدی (**Hepatic**) مانند بررسی کیست و آبسه کبدی.

بیماری‌های قلبی (**cardology**) مانند بررسی اکوکاردیوگرافی.

دندانپزشکی مانند اندازه‌گیری ضخامت بافت نرم در حفره‌های دهانی.

بیوپسی کمک به یافتن نقطه‌ی مکانی دقیق محل مورد نظر برای انجام بیوپسی.

سونوگرافی شکمی

حفره شکم در برگزیده دستگاه‌های متعددی از جمله دستگاه گوارش، کبد، کیسه صفرا، طحال و لوزالمعده (پانکراس)، دستگاه ادراری و تولید مثل است. این اعضاء به سه گروه توخالی که حاوی هوا و گاز هستند (معده، روده باریک، روده بزرگ)، اعضاء توپر (مانند کبد، طحال و ...) و اعضاء توخالی که حاوی مایعات هستند (مانند مثانه و کیسه صفرا) تقسیم می‌شوند. سونوگرافی بیشتر برای بررسی اعضاء توپر و توخالی حاوی مایع بکار می‌رود و در این بین مهم‌ترین کاربرد آن در تشخیص بیماری‌های کیسه صفرا است. هوا یا گاز درون اعضاء توخالی مانند معده با انعکاس امواج صوتی مزاحم، مانع از انجام سونوگرافی می‌شوند. لذا داخل معده و روده را نمی‌توان در شرایط عادی دید ولی در برخی بیماری‌ها، متخصص سونوگرافی با انجام مانورهای خاص قادر است تا جدار معده و روده‌ها و ضخامت آن‌ها را مورد بررسی قرار دهد.

با سونوگرافی می‌توان تورم کیسه صفرا را در اثر تجمع و غلیظ شدن صفرا به علت سنگ‌ها و تومورها تشخیص داد. همچنین از این

روش برای بررسی کیست‌های عفونی مانند کیست هیداتیک (انگلی که از طریق خوردن مواد غذایی خصوصاً سبزیجات آلوده به مدفوع سگ مبتلا، منتقل می‌شود)، کیست‌های مادرزادی، آبسه‌های عفونی و میکروبی کبد، تومورهای کبد و طحال نیز استفاده می‌شود.

از سونوگرافی همچنین می‌توان برای تشخیص مواردی مانند آپاندیسیت (التهاب آپاندیس) بهره جست.

گاهی دقت سونوگرافی برای بررسی توده‌ها و متاستازهای کبد (تومورهایی که از دیگر نقاط بدن منشاء گرفته و به کبد رسیده‌اند) حتی از سی‌تی‌اسکن بیشتر است.

بطور خلاصه سونوگرافی شکمی برای ارزیابی موارد زیر به کار می‌رود:

- کلیه‌ها
- کبد

- کیسه صفرا
- پانکراس
- طحال
- آئورت شکمی و سایر عروق شکمی

همچنین برای تشخیص سایر مشکلات شکمی مانند: درد و یا اتساع شکمی، کارکرد غیرطبیعی کبد، بزرگ شدن ارگان‌های شکمی، سنگ‌های کلیوی و یا کیسه صفرا، آنوریسم آئورت نیز بکار می‌رود.

سونوگرافی دستگاه ادراری

اصولاً تمامی بخش‌های دستگاه ادراری با سونوگرافی قابل بررسی است؛ اما حالب طبیعی معمولاً به جهت آنکه قطر بسیار کمی داشته و دو جدار آن به صورت مجازی روی هم خوابیده‌اند، در سونوگرافی دیده نمی‌شوند. سونوگرافی کاربردهای متعددی در بررسی دستگاه ادراری دارد که از آن جمله می‌توان به بزرگ شدن کلیه‌ها به علت پس زدن ادرار ناشی از انسداد با سنگ یا دیگر توده‌ها، بررسی تومورها، کیست‌ها و آبسه‌های کلیه، بررسی اندازه کلیه در بیمارانی که پیوند کلیه شده‌اند، ارزیابی پروستات و مثانه و ... اشاره نمود.

سونوگرافی عناصر سطحی

عناصر سطحی شامل اعضای مانند پوست، غده تیروئید در گردن، غدد بزاقی و پستان‌ها است. ابداع دستگاه‌های بسیار جدید سونوگرافی که با فرکانس‌های فوق‌العاده بالای صوت کار می‌کنند امکان بررسی عناصر سطحی را فراهم آورده است.

سونوگرافی پستان

در سونوگرافی از فرکانس بالای امواج صوتی، برای ایجاد تصویر از بافت پستان استفاده می‌شود. این نوع تصویربرداری به منظور تشخیص توده سفت سرطانی از کیست پر از مایع غیر سرطانی است. سونوگرافی پستان در هر سنی قابل انجام است. سونوگرافی به خصوص در سنین زیر ۳۰ سالگی که ماموگرافی انجام نمی‌شود (ممنوع است) و در مردان که انجام ماموگرافی دشوار است و یا در بررسی متاستاز بیماران ماستکتومی شده، بسیار سودمند است. کاربرد اصلی سونوگرافی پستان در تشخیص کیست‌ها یا حفرات توخالی آن است. از این روش همچنین می‌توان برای نمونه برداری از تومورهای توپر استفاده نمود. پستان‌هایی که در حالت خوابیده کم ضخامت بنظر می‌رسند را نیز می‌توان در وضعیت نشسته مورد امتحان سونوگرافی قرار داد. سونوگرافی در کنار روش‌های دیگر از قبیل معاینه بالینی و ماموگرافی برای بررسی، تشخیص و درمان برخی از تومورها و بیماری‌های پستان بصورت یک تکنیک تکمیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سونوگرافی و الاستوگرافی پستان

در بیماری‌های پستان، ارزش تشخیصی قابلیت ارتجاعی (الاستیسیته) معادل روش‌های متداول کنونی است. علاوه بر شکل ظاهری و عروق بافت مورد مطالعه که توسط سونوگرافی متداول ارائه می‌شود، الاستوگرافی اطلاعاتی از سختی بافت به دست می‌دهد. با این وجود در بررسی‌های کلینیکی، الاستوگرافی به تنهایی به کار نمی‌رود بلکه به عنوان بخشی که مکمل سونوگرافی متداول است به حساب می‌آید.

الاستوگرافی اولتراسوند، روش تشخیصی ساده و غیرتهاجمی برای بیماری‌های پستان است که دقت تشخیصی معادل روش‌های معمول را دارد، اما تکنیک انجام آن باید به دقت اجرا شود. تفسیر و نقش درجه الاستیسیته در ضایعات با تشکیل توده و ضایعات بدون تشکیل توده متفاوت است. برای ضایعات بدون تشکیل توده درجه الاستیسیته برای غربالگری و تشخیص احتمال بدخیمی، بسیار ارزشمند است. در مورد ضایعات با تشکیل توده، و درجه الاستیسیته پایین (۱ و ۲) بیانگر وجود توده خوش‌خیم است.

سونوگرافی غده تیروئید

غده تیروئید نیز مانند سایر غدد بدن می‌تواند دچار تومورهای توپر یا حفرات خالی (کیست) شود. معمولاً متخصص غدد مترشحه داخلی پس از معاینات اولیه و احیاناً انجام اسکن رادیو ایزوتوپ، سونوگرافی غده تیروئید را به دو منظور درخواست می‌کند:

۱- تشخیص تومورهای توپر از کیست‌ها

۲- تشخیص این مسئله که غده تیروئید فقط در گردن قرار دارد یا اینکه به داخل سینه و پشت جناغ کشیده شده است.

سونوگرافی چشم

با استفاده از سونوگرافی می‌توان اطلاعات با ارزشی از کره چشم و فضای پشت چشم و محتویات آن به دست آورد. برای سونوگرافی چشم از دو روش: سونوگرافی از روی پلک و سونوگرافی مستقیم از روی سطح قرنیه استفاده می‌شود. با استفاده از سونوگرافی چشم می‌توان به بررسی قطر کره چشم، وجود تومورهای داخل چشمی و پشت کره چشم، وضعیت عروقی چشم و از این قبیل دست یافت.

سونوگرافی در ارتوپدی

سونوگرافی در بررسی بافت‌های نرم اندام‌ها و بخش‌های غضروفی نیز کاربرد دارد. از جمله این بافت‌های نرم می‌توان به وترها و رباط‌ها، مفاصل و عضلات اشاره نمود. از جمله این بیماری‌ها عبارتند از:

- در رفتگی مادرزادی مفصل ران

- پارگی تاندون پشت پا (تاندون آشیل)
- پارگی عضلات چرخاننده شانه
- خونریزی داخلی عضلات
- تومورها و کیست‌های بافت‌های نرم
- منیسک‌های زانو

دیگر کاربردهای سونوگرافی

از دیگر کاربردهای سونوگرافی می‌توان به سونوگرافی قلب (اکوکاردیوگرافی)، آندوسونوگرافی (سونوگرافی از داخل حفرات بدن) که در بررسی مری، معده، پروستات، بیماری‌های زنان و ... بکار می‌رود. سونوگرافی اینترآوپراتیو (سونوگرافی‌های حین جراحی) که در طی آن، در اتاق عمل هنگامی که شکم بیمار در حین جراحی باز شده است مستقیماً پروب سونوگرافی روی کبد یا سایر اعضا قرار داده شده و ضایعات به صورت دقیق‌تر بررسی می‌شوند، روش‌های مداخله‌ای و درمانی سونوگرافی اینترونشنال (Interventional) که برای انجام بیوپسی، تخلیه کیست، سوزاندن تومورها، سنگ شکن و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد اشاره نمود.

بیماری‌های زنان و زایمان و بررسی وضعیت جنین

استفاده از سونوگرافی در تخصص زنان و زایمان روز به روز با رشد روز افزونی مواجه است. از جمله این موارد عبارتند از:

- بررسی قلب جنین
- اندازه‌گیری قطر سر (سن جنین)
- بررسی جایگاه اتصال جفت و محل ناف
- تعیین سن حاملگی بخصوص در مواردی که نیاز به سزارین است
- ارزیابی رشد جنین
- خونریزی واژینال
- تعیین پرزانتاسیون جنین هنگام زایمان
- شک به حاملگی متعدد
- کمک به انجام آمنیوسنتز و برخی دیگر از آزمون‌های دوران حاملگی
- عدم تطابق سایز رحم و سن حاملگی
- بررسی توده‌های لگنی

- شک به حاملگی خارج رحم
- شک به مرگ جنین
- بررسی ناهنجاری رحم
- بررسی (آیو دی) در داخل حفره رحم
- بررسی فولیکول‌ها و رشد آنها
- اندازه‌گیری وزن جنین
- تومورهای پستان
- فیبروم و سایر توده‌های رحم
- کیست‌های طبیعی و غیرطبیعی تخمدانی که نیاز به پیگیری از طریق متخصص زنان و زایمان دارند
- تومورهای تخمدان.

در رابطه با بررسی سلامت جنین، بنابر توصیه متخصصین و تحقیقات انجام شده، مادران لازم است در طول دوران بارداری فقط در دو تا سه مرحله (۲۸ و ۳۶ هفتگی حاملگی و بنابر نظر برخی یکی دیگر بین ۱۲ تا ۱۴ هفتگی) به انجام سونوگرافی جهت بررسی ناهنجاری‌های جنینی بپردازند.

سونوگرافی در هفته ۱۲ برای این انجام می‌شود که بدانیم آیا اصلاً جنینی وجود دارد، آیا مغز جنین تشکیل شده است و آیا چندقلویی وجود دارد یا خیر. سونوگرافی در هفته ۲۶ برای تعیین دقیق سن، مطالعه بدن و حرکات جنین؛ سونوگرافی هفته ۳۶ برای تعیین وضعیت قرارگیری جنین (آیا عرضی قرار گرفته است، سرجنین رو به پائین است، پای جنین رو به پایین است و ...) وضعیت جفت، بند ناف و مایع داخل کیسه آب و ... انجام می‌شود. در مواردی که وضعیت خاصی برای مادر یا جنین وجود داشته یا پزشک معالج تشخیص دهد می‌توان دفعات انجام سونوگرافی در طی بارداری را افزایش داد.

کاربرد درمانی (سونوتراپی)

کاربرد گرمایی

با جذب امواج فراصوت بوسیله بدن، بخشی از انرژی آن به گرما تبدیل می‌شود. گرمای موضعی حاصل از جذب امواج فراصوت باعث افزایش جریان خون و تسریع بهبودی می‌شود، قابلیت کشسانی کلاژن (پروتئینی ارتجاعی) را افزایش می‌دهد، کشش در اسکار (جوشگاه‌های زخم) را افزایش می‌دهد و باعث بهبود آنها می‌شود. اگر اسکار به بافت‌های زیرین خود چسبیده باشد، باعث آزاد شدن آنها می‌شود. گرمای حاصل از امواج فراصوت با گرمای حاصل از گرمایش متفاوت است.

میکروماساژ مکانیکی

به هنگام فشردگی و انبساط محیط، امواج طولی فراصوتی روی بافت اثر می‌گذارند و باعث جابجایی آب میان بافتی و در نتیجه باعث کاهش ورم (تجمع آب میان بافتی در اثر ضربه به یک محل) می‌شوند.

درمان آسیب تازه و ورم

آسیب تازه معمولاً با ورم همراه است. فراصوت در بسیاری از موارد برای از بین بردن مواد دفعی در اثر ضربه و کاهش خطر چسبندگی بافت‌ها به هم بکار می‌رود.

درمان ورم کهنه یا مزمن

فراصوت چسبندگی‌هایی که میان ساختمان‌های مجاور ممکن است ایجاد شود را می‌شکند.

خطرات اولتراسوند

سوختگی

اگر امواج پیوسته و در یک مکان بدون چرخش بکار روند، در بافت باعث سوختگی می‌شود و باید امواج حرکت داده شوند.

پارگی کروموزومی

استفاده دراز مدت از امواج اولتراسوند با شدت خیلی بالا پارگی در رشته دی ان ای (DNA) را نشان می‌دهد.

ایجاد حفره یا کاویتاسیون

یکی از عوامل کاهش انرژی امواج اولتراسوند هنگام گذشتن از بافت‌های بدن ایجاد حفره یا کاویتاسیون می‌باشد. همه محلول‌ها شامل مقدار قابل ملاحظه‌ای حباب‌های گاز غیرقابل دیدن هستند و دامنه بزرگ نوسان‌های امواج اولتراسوند در داخل محلول‌ها می‌تواند بر روی بافت‌ها تغییرات بیولوژیکی ایجاد کند (پارگی در دیواره سلول‌ها و از هم گسستن مولکول‌های بزرگ).

احتمال بروز ناهنجاری در جنین

تقریباً همزمان با شروع بکارگیری سونوگرافی در بررسی جنین، فرضیه‌های متعددی مبنی بر احتمال وجود اثرات منفی روی جنین مطرح گردید. عوارضی از قبیل اختلالات کروموزومی، اختلال در رشد جنین، اختلال در سیستم ایمنی و برخی از ارگان‌ها مثل ارگان شنوایی از این قبیل می‌باشند. تا این زمان تمام فرضیات فوق بر اساس مطالعاتی مطرح شده است که در محیط آزمایشگاهی بر روی حیوانات از قبیل موش و یا روی کشت سلولی صورت گرفته است. ناهمخوانی در نتایج مطالعات مذکور و همچنین عدم توانایی تعمیم نتایج به دلایل مستدل آماری و علمی بر جنین انسان، باعث شده است که سونوگرافی همچنان به عنوان روش تشخیصی بی خطر در دوران حاملگی بکار رود. ضمناً تنها اثر فیزیکی اثبات شده در جنین انسان

افزایش دمای بدن جنین به میزان یک درجه بدنبال سونوگرافی است که این اثر فیزیکی فاقد اهمیت پاتولوژیک و بالینی است.

سونوگرافی سه بعدی و چهاربعدی

دستگاه‌های سونوگرافی سه و چهار بعدی از مصادیق پیشرفت تکنولوژی در عصر حاضر هستند. در این روش با قرار دادن سه پروب در داخل یک محفظه، ارسال امواج فراصوت با انرژی بالا از سه زاویه مختلف به درون بدن جنین تابانده می‌شود و انعکاس این امواج با کمک نرم افزارهای پیشرفته کامپیوتری پردازش شده و تصویر سه بعدی ارائه می‌شود. در سونوگرافی چهار بعدی علاوه بر ایجاد تصاویر سه بعدی از جنین، حرکات جنین نیز به صورت زنده (زمان واقعی) نمایش داده می‌شود. سونوگرافی سه بعدی و چهاربعدی جایگزین سونوگرافی ساده نیستند و باید به عنوان مکمل سونوگرافی ساده در صورت تشخیص پزشک متخصص مبنی بر احتمال وجود ناهنجاری استفاده شود. سونوگرافی سه بعدی و چهاربعدی در صورتی که جنین در وضعیت مطلوبی قرار داشته باشد حدود ۲۵ دقیقه طول می‌کشد و در موارد چندقلویی مدت زمان بیشتری نیاز دارد.



شکل ۱۰) از راست به چپ نوزاد ۸ روزه - جنین ۲۹ هفته همان نوزاد

خطر سونوگرافی های سه و چهار بعدی در کمین جنین

بنابر برخی از گزارش‌ها و تحقیقات اخیر انجام سونوگرافی سه و چهار بعدی مخاطراتی را نیز برای جنین ایجاد می‌کند. دستگاه‌های سونوگرافی سه بعدی و چهاربعدی برای گرفتن تصویر مناسب نیاز به ارسال امواج فراصوت با انرژی بالا را به داخل بدن دارند و چنانچه پروب (prob) این دستگاه بیش از حد بر روی شکم مادر باردار نگه داشته شود، امواج فوق همانند امواج ماکروویو عمل کرده و از نظر تئوری حتی می‌تواند مایع آمنیوتیک (کیسه آب اطراف جنین) را به جوش بیاورد و بافت‌های بدن وی را دچار آسیب سازد. بر اساس موارد گزارش شده جنین‌هایی که به هر دلیلی بعد از انجام سونوگرافی - های سه یا چهار بعدی رنگی، سقط شده‌اند در زیر پوستشان حباب‌های هوا مشاهده شده و تاول‌های پوستی داشته‌اند. در مطالعات مختلف ثابت شده به دلیل انرژی بسیار بالا امکان بروز آسیب جدی به حلزون شنوایی جنین نیز وجود دارد. در حال

حاضر به دلیل عدم آگاهی نسبت به خطرات جدی این نوع سونوگرافی‌ها، مادران اغلب برای تعیین جنسیت جنین یا تهیه عکس سه بعدی جهت استفاده در آلبوم وی، اقدام به انجام این سونوگرافی‌ها می‌کنند که هیچگونه کاربرد علمی ندارد.

ضرورت استفاده از این نوع سونوگرافی‌ها در مواردی بسیار محدود مانند تشخیص لب شکری یا بیماری‌های استخوانی جنین است که در مرحله‌ی اول همه موارد باید سونوگرافی معمولی انجام شود و فقط بنابر تشخیص پزشک متخصص، سونوگرافی سه یا چهار بعدی تجویز می‌گردد.

به دلیل آموزش‌های ارائه شده در اروپا و آمریکا مادران باردار حاضر به انجام سونوگرافی‌های ساده هم نیستند. این در حالیست که در ایران در طول دوره بارداری، در چند نوبت سونوگرافی ساده انجام می‌شود و اغلب مادران اصرار بر انجام سونوگرافی سه بعدی و چهاربعدی برای تعیین جنسیت جنین دارند. بنابراین باید فرهنگ سازی لازم برای افزایش آگاهی مادران در استفاده از این روش و به خطر افتادن سلامت جنین صورت گیرد و از بکارگیری آن بدون نظر متخصص خودداری کرد.

بدون شک تشخیص بیماری در مراحل اولیه آن در طی مراحل درمانی و افزایش احتمال درمان کامل، بسیار کمک کننده است. یکی از این روش‌ها در تشخیص زودرس، سونوگرافی است. برای مثال این تکنیک در بیماری هیرشترونگ (عدم تشکیل قسمتی از اعصاب انتهایی لوله گوارش) که یک بیماری مادرزادی است بسیار سودمند می‌باشد. در اثر این بیماری کودک دچار یبوست‌های مزمن خواهد شد و بدنبال آن دچار بی‌اشتهایی، لاغری، سوء تغذیه و حتی عقب‌ماندگی ذهنی می‌شود. راه درمان این بیماری جراحی است که در صورت تشخیص به موقع به طور ۱۰۰ درصد قابل درمان خواهد بود.

"پایان دوره آموزشی"