مجله دانشکده پزشکی تهران ۲۰
شماره نهم و دهم ــ خرداد ، تیر ــ ۲۵۳۶ ــ صفحه ۲۱۲

اولتراسون تشخیصی

دکتر محمد علی حدیدی

تاریخچه:

قبل از اینکه بشر بفکر امواج اولتراسون باشد طبیعت چنین وسیلهٔ نفیسی را در اختیار خفاش و خوک ماهی قرار داده است. این حیوانات با ایجاد امواج اولتراسون نه‌تنها جهت‌یابی مینمایند بلکه یافتن طعمه نیز با همین وسیله ممکن میگردد ، برای بشر حرف زدن یا صوت وسیله‌ای برای ارتباط بوده است ، هنوز هم چنین راه ارتباطی اولیه با قدرت گذشته ، بر زندگی روزمره‌اش حکومت میکند. آشنایی بشر با امواج اولتراسون در روزهای اولیهٔ اکتشاف آن کنجکاویش را برانگیخت و بدنبال آن تا آنجا کشیده شد که امروزه اولتراسون نه‌تنها جای وسیعی را در صنعت اشغال نموده است بلکه بشکل ستارهٔ درخشانی در منظومهٔ تشخیص طبی ظاهر گردیده است.

نگاهی به تاریخچهٔ پیدایش و سیر تحولی آن شاید اندکی از سنگینی دین معنوی ما نسبت به آنها که در این رشته عمری گذرانده‌اند بکاهد.

امواج اولتراسون در تواترهای بالا درست شبیه نورافکن جهت‌دار میگردد و از مایعات و جامدات عبور مینماید. همین کیفیت در دوران جنگ جهانی اول Langevin را برانگاشت تا برای یافتن زیردریایی دشمن در سواحل فرانسه از امواج اولتراسون کمک بگیرد. (۱) قدرت انعکاسی این امواج در برخورد به موانع نتایج رضایت‌بخشی را عرضه داشت و در نتیجه رغبت کاربری را در سایر مراکز نظامی دریایی بوجود آورد و کار تحقیق در این رشته در آن زمان بالا گرفت و به این طریق اسم SONAR گذاشته شد که مخففی از Sound Navigation and Ranging میباشد.

در جنگ جهانی دوم "این طریقه آنقدر ارزش یافت که یکی از وسایل دفاعی برای ممالک در حال جنگ بشمار آمد. در دوران بعد از جنگ جهانی دوم طریقه یاد شده عمیقا" دستخوش تحول و متحمل تغییراتی گردید و بصورت روش تازه‌تری در صنعت برای یافتن شکاف‌های مخفی و کوچک در قطعات فلزی بکار گرفته شد و توانست جایی را در صنعت اشغال کند. از آنجا که تا سال ۱۹۴۵ بطور کلی روشی بکار گرفته شده در صنعت در زمرهٔ رازهای نظامی بحساب آمد و مخفی مانده بود اینستکه بدرستی مشخص نیست که چه کسی ابداع کنندهٔ این روش میباشد شاید این طریقه برای اولین‌بار بوسیلهٔ (۲) سوکولوف Sokolov از اتحاد شوروی و بدنبال‌و یا همزمان آن بوسیلهٔ فایرستون Firestone (۳) در امریکا عرضه گردید و سپس با تغییراتی ، اساس طریقهٔ

ــ مرکز پژوهشهای اولتراسونیک ــ دانشکدهٔ پزشکی داریوش کبیر ــ دانشگاه تهران

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]

دیگری بنام Non-Destructive Flaw Detecting Technic ویا Non-Destructive Testing گردید در فاصلهٔ دو جنگ جهانی سوکولوف در لنینگراد با کار فشرده‌ای که در این زمینه انجام داد تمام اصول نظری‌ای که اساس کار طریقه اولتراسون میتوانست باشد تدوین نمود متأسفانه نظریه سوکولف نتوانست با نقص فنی آن روز صورت عمل بخود بگیرد.

سوکولوف و فایرستون واضع طریقه‌ای بودند بنام Pulse - echo و آن عبارت بود از ایجاد و ارسال تک موجهای اولتراسونیک با دوام بسیار کوتاه.

اولین تلاش برای کاربری اولتراسون در طب بسال ۱۹۳۷ در اطریش وسیلهٔ برادران Dussik صورت گرفت (۴). دکتر داسیک که متخصص روانی بود از عبور امواج اولتراسون از جمجمه و ثبت و رسم امواج بعد از عبوراز استخوان جمجمه امیدوار بود بتواند اندازهٔ بطن‌های جانبی را بدست آورد و شاید از این راه به تغییر اندازهٔ بطن‌های جانبی در بیماران روانی دست یابد و راه تازه‌ای را برای تشخیص باز کند. نقشهٔ تدارک شده با این رویه را Hyperphonogram نام داد. (شکل ۱)

این طریقهٔ کاربری که بنام Through Transmission Technic یا طریقه عبوری معروف میباشد ۱۵ سال داسیک را بخود مشغول داشت تا Guttner (۵) نشان داد که در یک جمجمهٔ خالی از مغز نیز میتوان درست همین تصویر را بدست آورد و این تغییرات بطور معتنابهی مربوط به تخفیف یافتن (Attenuation) امواج بعد از عبور از استخوان جمجمه میباشد و چنین مانعی هر تغییری‌را که مغز به امواج میدهد مخفی میدارد.

مثل هر روش جدید معتقدان با دلایل اندک و مخالفان بدون دلیل موجب جنجالی بزرگ در محافل علمی آمریکا شدند تا در سال ۱۹۵۵ کمیسیون انرژی اتمی آمریکا عدم ارزش طریقه عبوری و طریقه انعکاسی را گزارش نمود (۶) با آنکه مقدم بر سالهای ۱۹۵۵ کارهای با ارزشی بوسیلهٔ اولتراسون صورت گرفته بود ولی همین گزارش ناپخته و نسنجیده رشد اولتراسون را در امریکا بتأخیر انداخت و عدم توجهٔ اروپائیان و آسیایی‌ها به این گزارش سبب شد تا این طریقهٔ نو جایی برای رشد در آسیا و اروپا نیابد.

بدرستی شاید تا پنج سال پیش این عقب ماندگی در آمریکا احساس میشد ولی امروزه با تلاش فراوان چنین خلائی کاملا" پر شده است.

اگر به کارهای با ارزشی که محققین مقدم بر سال ۱۹۵۵ که سال تصویب گزارش کمیسیون انرژی اتمی آمریکا بوده است نظر کنیم شاید کلمهٔ ناپخته و نسنجیده بگوش سنگین نیاشد لودویک Ludwig و استروتر Struthers در سال ۱۹۴۹ برای اولین بار با تکنیک انعکاسی توانستند سنگ کیسهٔ صفرا را مشخص سازند (۷) و در سال ۱۹۵۲ وایلد Wild و نیل Neal و فرنچ French بعد از برداشتن استخوان جمجمه محل و اندازهٔ توموری را در مغز نشان دادند، (۸) (۹) تا این مدت بررسی اولتراسونیک تنها با روش A-Scan صورت میگرفت در همین سال وایلد اولین توموگرام دو بعدی را تدارک نمود و با آن توموری را در آن بیماری نشان داد.

Howry که رادیولوژیست مقیم دنورکلرادو بود در زیرزمین منزلش اسکانروایلد را با تغییراتی مبدل به Compound Scanner نمود و در سال ۱۹۵۴ توموگرامی از انساج نرم تدارک نمود که در زمان خود بهترین نمونه بوده است (۱۰) معهذالک کمیسیون انرژی‌اتمی آمریکا به تمام این موفقیت‌ها با دیدهٔ بی‌اعتنایی نگریست.

اما در اروپا بسال ۱۹۵۰ Leksell (۱۱) از دانشگاه لوند مدلهای صنعتی دستگاه اولتراسون را در بررسی بیماریهای مغز بکار گرفت و با قرار دادن دو ترانسدوسور در دو طرف جمجمه پژواک پر قدرت با دامنهٔ بلندی‌را توانست بدست آورد این پژواک همیشه در وسط و در فاصله‌های مساوی از استخوان شقیقه قرار داشت و منطقا" میبایست از تشکیلات خط‌وسط Midline Structures سرچشمه گرفته باشد.

در همین دانشگاه Hertz و Edler (۱۲) از بخش بیماریهای قلب با بکار گرفتن دستگاه صنعتی اولتراسون برای بررسی قلب توانستند منحنی‌هایی از قلب ترسیم کنند و فکر میکردند که حرکات بدست آمده از دهلیز چپ میباشد، بعدا" مسلم گردید که منحنی‌ها معرف حرکات دریچهٔ میترال بوده‌اند و به این ترتیب اکوکاردیوگرافی و اکوانسفالوگرافی هر دو در دانشگاه با قدمت لوند و در شهر کوچک لوند پا بعرصه گذاشتند. در سالهای ۱۹۵۶ آغاز

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]

کاربری اولتراسون در چشم و در سال ۱۹۵۸ استفاده از این وسیله در اعضاء دیگر بدن بخصوص شکم با B-Mode آغاز شد.

سادگی ظاهری کاربری طریقه A-Mode در اول و سپس B-Mode سبب شد که بیش از هر گروهی متخصصین اعصاب و جراحان معروف مغز و پی بفکر بکاربردن این طریقه در بیماریهای مغز افتادند غافل از اینکه قبل از درک مشکلات موجود و پیش از وقوف به خواص فیزیکی خود جمجمه و اثرهای تضعیف کنندهٔ آن بر روی امواج اولتراسون نمیتوان در این کار موفقیت کافی بدست آورد. امروزه عدم توسعهٔ مطلوب این طریقه در بیماریهای مغز باز دلیل دیگری بر مزاحمت استخوان جمجمه در راه عبور امواج از مغز میتواند باشد.

فیزیک و روشهای تشخیصی

مقدمه: اولتراسون با توسعهٔ سریعش اکنون جای مشخصی را در تشخیص بالینی اشغال نموده است بطوریکه در حال حاضر هیچ بیمارستان تکامل یافتهای نیست که فاقد اسکانرهای اولتراسونیک باشد، آشنایی پزشکان با این روش نو میتواند از جهات مختلف مفید باشد زیرا امروزه تشخیص بسیاری از بیماریها وسیلهٔ اولتراسون عملی میگردد و این خود عاملی است که شناخت این علم را اجباری مینماید از طرف دیگر تنها وقتی میتوان بدرستی درخواست کمک تشخیصی نمود که از قدرت تشخیصی و حدود آن مطلع بود در این صورت از هر دید گاه که به اولتراسون تشخیصی نظر بیفکنیم لزوم اطلاع یافتن از آن محسوس میباشد.

با در نظر گرفتن هدفهای ذکر شده اولین مقاله به تاریخچه، اصطلاحات معمول و روشهای تشخیصی و اثرات بیولوژیکی آن اختصاص داده میشود و در آینده نحوهٔ کاربری این روش در بیماریهای چشم، قلب، مغز، طب داخلی، زنان و مامایی و مجاری ادرار، پستان و تیروئید بصورت تک مقاله منتشر خواهد شد و در مجموع میتواند کتاب رهنما برای همکاران باشد.

اساس فیزیکی

تعریف: تشخیص اولتراسونیک بر پایهٔ ثبت اکوها یا پژواکهایی که از حد فاصلهای بین انساج مختلف منعکس میگردد استوار میباشد بعبارت دیگر بررسی اثرات فیزیکی دوجانبهٔ بین امواج ارسالی و انساج بیولژیک خواهد بود، دانستن قوانین فیزیکی حاکم بر ایجاد، انتشار و آشکارسازی آن کمک به درک این روش جدید مینماید.

تدارک امواج:

به استثناء سوتک گالتن که از دمیدن هوا در داخل لولههای توخالی امواج اولتراسونیک با فرکانسهای پایین فراهم میآورد اولتراسون بمعنی واقعی وقتی توانست عملا" تولد یابد که خاصیت پیزو الکتریک کشف شد.

اگر تکهای از کوارتز را که در جهت معینی بریده باشند تحت فشار قرار دهند ایجاد الکتریسیته مینماید و با انبساط آن الکتریستهای در جهت مخالف جهت اولیه بوجود میآید. اگر انبساط و انقباض با نیروی مساوی اعمال شود ولتاژ حاصله یکسان اما در جهت مخالف یکدیگر بوجود خواهد آمد. به این خاصیت پیزوالکتریک نام دادهاند که کلمهٔ Piczo از زبان یونانی که به معنی فشار میباشد کسب شده است. عکس این حالت نیز صادق است یعنی اعمال ولتاژ نیز سبب تغییر حجم کوارتز و نتیجتا" موجب انبساط و انقباض آن میگردد. وضع قرار گرفتن یونها در یک تکه کوارتز بریدهشده در شکل ۲ نشان داده شده است. بدون اعمال فشار مرکز تقارن یونهای مثبت و منفی برهم منطبق است و هیچ اختلاف بار الکتریکی موءثری در الکترودهاوجود ندارد در حالیکه کوارتز فشرده شده اختلاف بار الکتریکی موءثری را در الکترودها بوجود میآورد و حالت عکس این تجمع در مرحلهٔ انبساط دیده میشود. در واقع تکهٔ کوارتز مبدلی است که الکتریسیته را به حرکت بدل مینماید و اعمال فشار یا رفع آنرا نیز به الکتریسیته تبدیل مینماید کلمهٔ ترانسدوسور Transducer از این خاصیت تبدیل ریشه گرفته است، اگر حرکات ترانسدوسور از ۲۰ تا ۱۶ هزار تواتر در ثانیه باشد گوش انسان قادر به شنیدن صوت ایجاد شده میباشد چنانچه از این مقدار در ثانیه بیشتر حرکت کند با همان خواص صوتی، امواج ایجاد شده را نمیتوان شنید این چنین امواجی را Ultrasound میگویند که مبدأ نامگذاری آن از آخرین حد تواترهای شنوایی آغاز میشود.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]

امروزه در ابزارهای تشخیصی اولتراسون تنها از کوارتز استفاده نمیشود بلکه مخلوطهایی از قبیل Lead Zirconate Titanate و یا Barium Titanate که بنام Synthetic Ceramic خوانده میشود نیز استفاده میگردد این مواد نیز دارای همان خاصیت پیزوالکتریک میباشند منتهی در بعضی جهات نسبت به کوارتز مثل حساسیت بیشتر نسبت به پژواک‌های ضعیف ارجحیت دارند.

به منظور بهره‌گیری از ترانسدوسورها در اولتراسون تشخیصی باید بدو مسئله اساسی توجه داشت، اول امواج حاصله الزاما" میبایست بدور محور طولی ترانسدوسور تجمع یابند، دوم رفع اثر نامطلوب Ringing .

در وقتی که تواتر امواج به حدود میلیون در ثانیه برسد این تجمع صورت میگیرد البته باید در نظر داشت که حرکات ترانسدوسور مستقیما" تابع تغییر ولتاژ تحمیلی میباشد و حرکات سطح ترانسدوسور انرژی موجی حاصله را به محیط واسطه که با آن در تماس پیوسته‌ای قرار دارد منتقل مینماید.

برای درک اثر نامطلوب Ringing میتوان به مثال آشنایی رو آورد و آن زنگ مدرسه در زمان تحصیل میباشد وقتی که با چکش زنگ مدرسه نواخته میشود صدای اصلی زنگ براحتی شنیده میشود سپس بدنبال صدای اصلی صداهای مشابه اما خفیف‌تر بگوش میرسد و این حالت آنقدر ادامه دارد تا زنگ بکلی از صدا باز ایستد.

وقتی با یک ضربهٔ الکتریکی درست شبیه چکش زنگ ترانسدوسور به حرکت واداشته شود قطع انرژی الکتریکی مترادف با سکون ترانسدوسور نیست بلکه حرکات با دامنه‌های کوتاهتر در ترانسدوسور آنقدر تکرار میشود تا انرژی محرک کاملا" مستهلک شود و این خود مانعی است برای دریافت پژواک‌ها از بدن زیرا تنها وقتی که ترانسدوسور سکون کامل داشته باشد میتواند از برخورد پژواک‌ها به سطحش ایجاد الکتریسیته نماید "خاصیت عکس پیزوالکتریسیته" برای جلوگیری از این کیفیت نامطلوب موادی را که بنام Damping Material خوانده میشود در پشت ترانسدوسور قرار میدهند تا بعد از ضربهٔ اولیه، ترانسدوسور را به سکون وادار کند بهترین ماده در این مورد مخلوطی با نسبت وزنی ۲ به ۱ از پودر تنگستن و آرالدیت Araldite میباشد.

ترانسدوسور و پوشش پلاستیکی روی آن و Damping Material و بقیهٔ مدارهای الکتریکی در مجموعهٔ فلزی قرار داده میشود که به آن پروب Probe نام داده‌اند.

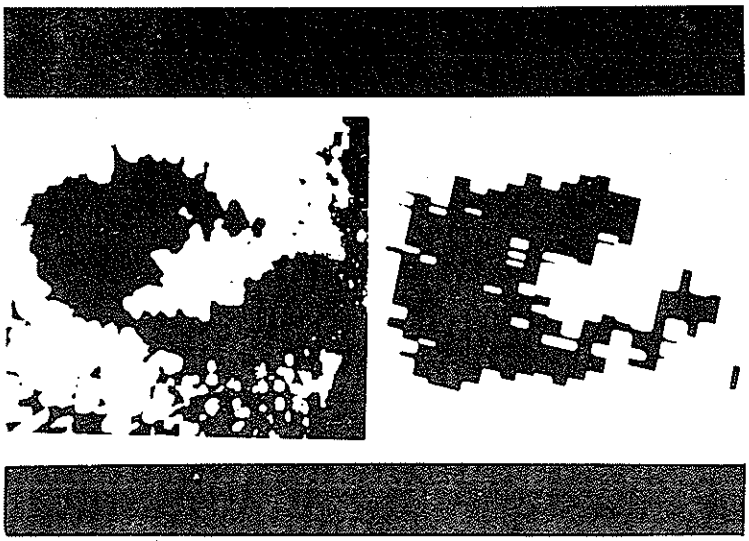
در تدارک پروب رعایت نکاتی چند اجباری است. شکل ۳، یکی ضخامت خود ترانسدوسور که باید معادل نصف طول موج فرکانس الکتریسیته‌ای که سبب تحریک آن میگردد باشد و این حالت موجب رزنانس یا تشدید خواهد شد و همچنین اگر فرکانس الکتریسیته با فرکانس مکانیکی ترانسدوسور در مرحلهٔ تشدید مساوی باشد سطح ترانسدوسور حداکثر دامنه را از نظر ارتعاش خواهد داشت. چنین شرایط و کیفیت در گرفتن پژواک‌ها از بدن نیز صادق خواهد بود.

مسائل پیچیده چه از نظر فیزیک اولتراسون برای ساختن ابزار و چه در بکار بردن آن در طب و اینکه چگونه از سلولهای بدن عبور مینماید و چه تغییراتی مینماید کم نیست بنظر میرسد بهتر اینستکه در این مقوله بحثی بمیان کشیده نشود اما آنچه که باید توضیح داده شود شکل میدان اولتراسونیک میباشد معقول‌ترین تعبیر اینستکه ترانسدوسور را از تعدادی منبع های موجی فرض مینمایند که مستقلا" امواج را در فضا پراکنده مینماید چون همهٔ این منبع ها تحریکات همزمانی را دریافت میدارند در نتیجه امواج هم فاز در فضا پراکنده مینمایند، این امواج همفاز در نقاطی تداخل افزاینده و در جایی دیگر تداخل تضعیف کننده‌ای را سبب میشوند تا اینکه دسته امواج از منبع تولید دور میشوند و سپس یکنواخت میگردند. بطور کلی حداکثر شدت امواج در فاصله‌ایست که با برابری زیر تعیین میگردد.

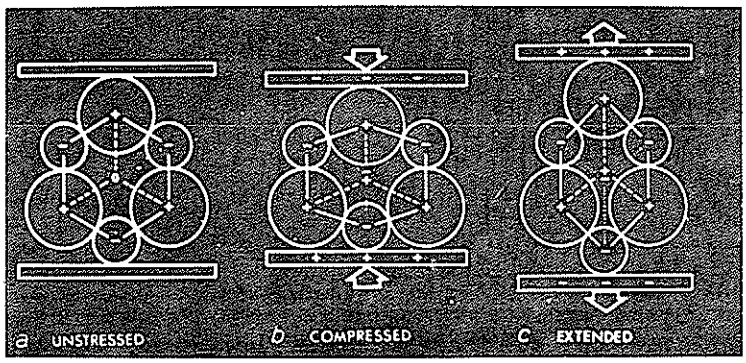
$X'max = R^2/$ که در آن R شعاع ترانسدوسور و طول موج امواج میباشد. (شکل شمارهٔ ۴)

پس میتوان میدان اولتراسونیک را بدو قسمت تقسیم نمود از منبع موجی تا X'max میدان نزدیک Near Field و بعد از آن میدان دور Far Field خوانده میشود در همین میدان دور با تبعیت از فرمول، امواج از دو طرف محور مرکزی متباعد میگردند، بطور کلی شکل میدان اولتراسونیک متکی به قطر ترانسدوسور و طول موج امواج می‌باشد.

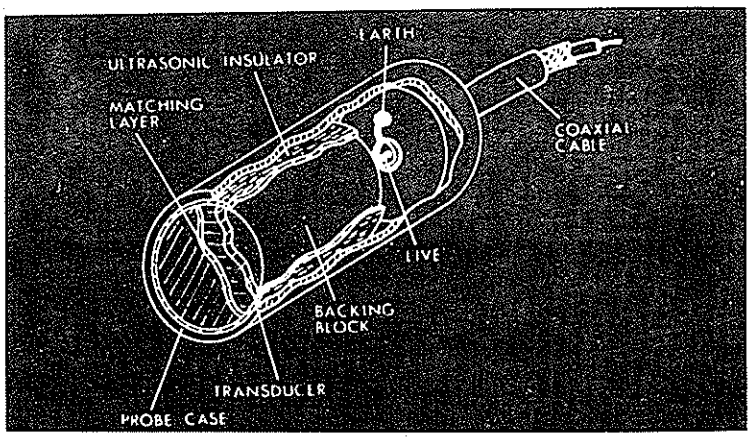
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]



شکل ۱

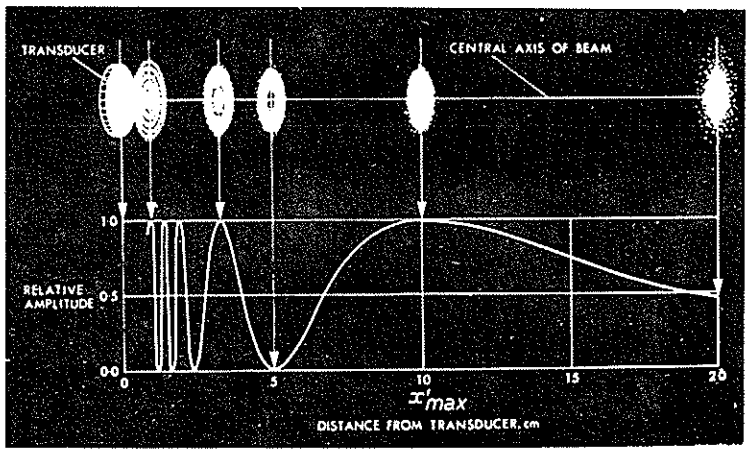


شکل۲



شکل۳

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]



شکل۴

برای تجمع بیشتر امواج بدور محور طولی ترانسدوسور تدابیری از قبیل استعمال عدسی، روکش‌های پلاستیکی، آینه و یا شکل دادن به خود ترانسدوسور بکار برده میشود.

بیوفیزیک

وقتی تواترهای اولتراسونیک به میلیون برسند از قوانین فیزیکی نور پیروی مینمایند یعنی همان قوانین انعکاس و انکسار در موردشان صدق میکند. در پزشکی از فرکانسهای یک تا ۲۰ میلیون به منظور تشخیص بیماریها استفاده میشود، عبور امواج اولتراسونیک پارتیکل‌های موجود در بدن (تعریف پارتیکل: پارتیکل عبارت است از حجمی از ماده که به اندازهٔ کافی وسعت دارد که میلیونها مولکول را در خود جا دهد بطوریکه پیوستگی هر پارتیکل با پارتیکل‌های مجاور حفظ شود ولی آنقدر کوچک است که تغییر پذیری کمیت در داخل ماده مثل اعمال فشار سبب تغییر در پارتیکل نخواهد شد.) را به حرکت نوسانی وامیدارد عبور نیرو سبب بهم خوردن نظم و تعادل پارتیکل‌های بدن گردیده بدون اینکه هیچگونه تغییری در جنس ماده بوجود آورد و این خود بارزترین وجه اختلاف اولتراسون با اشعهٔ یونیزان میباشد. بطور کلی دو نوع موج میتوان تدارک نمود امواج مداوم که اساس دستگاه‌های داپلر میباشد و دیگری تک‌موج که در تصویرسازی اولتراسونیک از آن استفاده میشود. وقتی که یک موج الکتریکی سبب بحرکت درآوردن ترانسدوسور شود و اگر ترانسدوسور به بدن چسبیده باشد تک‌موج حاصله وارد بدن میگردد وبلافاصله انرژی محرک با سیستم های الکترونیکی متوقف میگردد و ماده Dumping کیفیت نامطلوب Ringing را مهار مینماید.

موج ارسالی در لایه‌ای از بدن بصورت پژواک منعکس میگردد و این اکو خود ضربهٔ محرکی است برای ترانسدوسور و در آن ایجاد الکتریسیته مینماید و ولتاژ ضعیف ایجاد شده وسیله مدارهای تقویت کننده افزایش مییابد و به اوسیلوسکوپ که شبیه صفحهٔ تلویزیون میباشد میرسد و در آن ظاهر میگردد.

انساج در بدن با حد فاصلهای مجزایی از یکدیگر بر روی هم قرار گرفته‌اند اگر امواج به این حدفاصلها برخورد کنند مقدار انعکاس و انکسار آن بستگی به خواص فیزیکی محیط و وضع تابش امواج دارد.

یکی از عواملی که در نحوه و مقدار انعکاس و انکسار اثر میگذارد مقاومت ظاهری اختصاصی محیط میباشد Charactristic Impedance و آن حاصل ضرب چگالی در سرعت سیر صوت در آن محیط میباشد.

قدرت، شدت و رقم دسی بل

نسبت دو شدت یا دو دامنه اگر یکی بعنوان مرجع مقایسه در نظر گرفته شود طریقهٔ راحتی برای سنجش خواهد بود و به این ترتیب از اندازه‌گیری مطلق چشم‌پوشی میشود

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]

زیرا عملا" از اندازه‌گیری مطلق نمیتوان استفاده برد ، چون تولید و ظاهر ساختن اولتراسون با الکتریسیته صورت میگیرد لذا بجای اندازه‌گیری دامنه‌های امـواج صوتی از نسبت ولتاژهای بکار رفته استفاده میشود و این نسبت ذکر شده با لوگاریتم بیان میگردد که واحد آن دسی‌بل بوده و درکارهای اولتراسونیک متداول میباشد .

جذب

دو عامل سبب میگردند که از شدت امواج‌اولتراسونیک در حین انتشار کاسته شود ، اول انحراف موج از مسیراولیه‌اش در اثر وجود انفصال‌های کوچک در مقاومت‌های ظاهـری اختصاصی که موجب پراکندگی امواج میگردند و یا هر عامل دیگری که چنین اثری را برجای گذارد .

دوم ، جذب نیروی التراسونیک در انساج و تبدیل آن به حرارت .

در تواترهای یک میلیون یا کمی بیشتر از یک میلیون تغییر فرم نیرو و تبدیل مجدد آن به نیروی اولیه آنقدر کم است که میزان آن قابل صرفنظر کردن میباشد و در نتیجه مقدار جذب زیاد نیست در حالیکه میزان جذب با افزایش تواتر شدت مییابد اینستکه تواترهای یک میلیون نفوذ بیشتر و هر اندازه که تواتر بالا رود نفوذ امواج کمتر خواهد شد .

تمام مسئلهٔ جذب در تغییر شکل نیرو و برگشت مجدد آن بصورت نیروی اولیه میباشد ، یعنی پیوستن انرژی تغییر شکل یافته به انرژی اولیه ، و این تبدیل معمولا" با زمان دیرکردی صورت میگیرد این زمان دیرکرد ممکن است سبب اختلاف فاز کامل یا ناقص و یا همفاز با انرژی اولیه باشد ، در اینصورت کیفیت جذب به زمان دیرکرد و مآلا" اختلاف فاز بستگی کامل خواهد داشت .

روش‌های تشخیصی

اصول تشخیصی اولتراسونیک بر پایهٔ ایجاد انعکاسی که امواج در بدن بر روی حد فاصل دو نسج مختلف پیدا مینماید استوار میباشد . شرایط این انعکاس وجود اختلاف مقاومت ظاهری اختصاصی در دو محیط‌است ، اگر شرایط مساعد برای انعکاس نباشد نیرو به اعماق نفوذ میکند و امکان وجود حد فاصلهای دیگری که واجـد شرایط باشند وجود خواهد داشت .

روشهای Pulse-Echo

تک‌موج اولتراسون بعد از برخورد به حد فاصل دومحیط با اختلاف مقاومت ظاهری اختصاصی منعکس میگردد ، میزان فاصلهٔ زمانی که از لحظهٔ انتشار موج در بدن تا وقتی که اکوی حد فاصل دریافت گردد بستگی به سرعت انتشار دو محیط و طول راه پیموده‌شده دارد . بر اساس این همبستگی زمانی با فاصله طریقه‌ای برای اندازه‌گیری وجود داردکه بنام Range Measuring Systems معروف میباشد با این طریقه که تنها دامنهٔ امواج مدوله میگردد نام A-Scope یا A-Scan و یا A-Mode داده‌اند که در واقع اسم اختصاری از Amplitude Modulation میباشد .

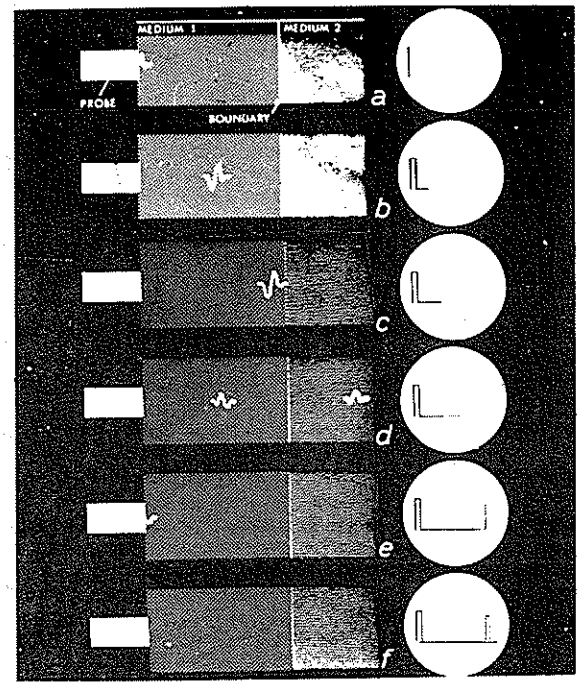
از این طریقه بفراوانی در تشخیص بالینی استفاده میشود مثلا" در اندازه‌گیری فاصلهٔ دو استخوان آهیانه در جنین به منظور تعیین دقیق سن حاملگی (شکل ۶) و یا تعیین قطر لگن و یا وقوف به افزایش ضخامت جفت که در اختلاف Rh زن و شوهر پیش می‌آید بکار گرفته می‌شود .

در B–Mode A–Scan دو نوع اطلاع ثبت میگردد ، اطلاعات مربوط به فواصل در جهت و مسیر محور مرکزی دسته امواج که بنام Range خوانده میشود و دیگری دامنهٔ اکوهاست در حالیکه همین اطلاعات را میتوان با فرم دیگری ظاهر ساخت و آن B–mode که نام مختصری از Brightness Modulation میباشد . در این نوع آشکارسازی میزان درخشندگی Brightness با دامنهٔ پژواک بستگی دارد و با آن افزایش و کاهش می‌یابد با این تدبیر دو فرم متفاوت برای نمایان ساختن پژواک تدارک گردید ، اول B–Scan دو بعدی Two Dimentional B–Scan ، دوم Time–Position Recording میباشد . (شکل ۷)

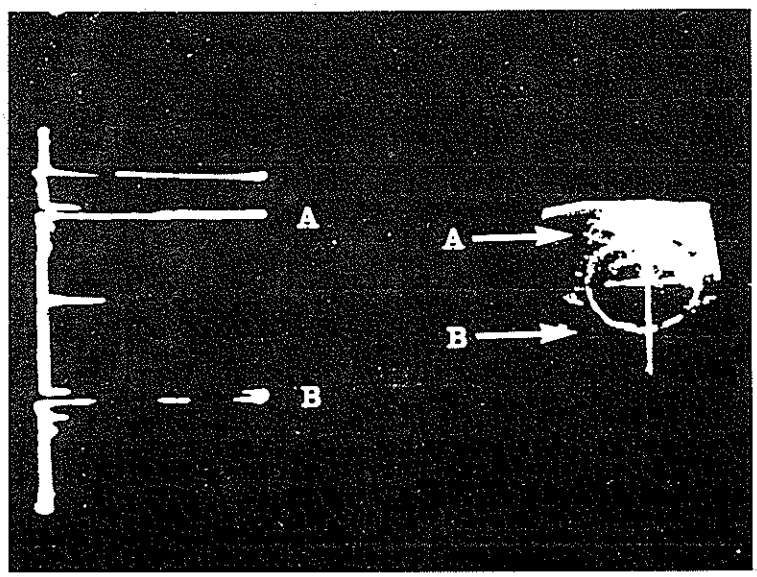
B–Scan دو بعدی

همانطور که بیان شد در این روش درخشنـدگـی Brithness اکوها موردنظر و ملاک کار میباشد یعنی اطلاعات کسب شده در A–Scan تنها بصورت نقطه‌ای ظاهر میگردد بطور مثال اگر پروب را بر روی شکم بیمار بگذاریم و درمسیر

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]

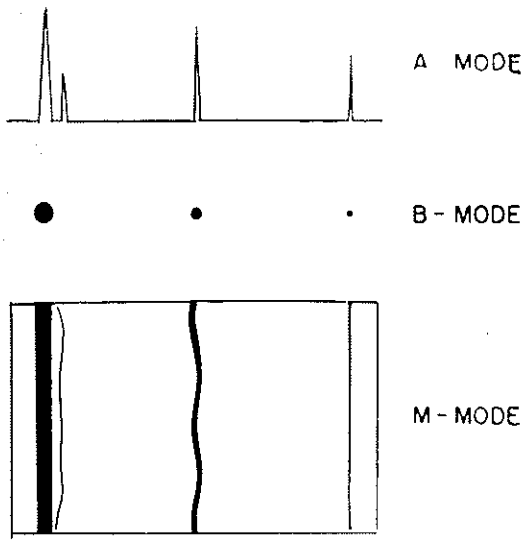


شکل ۵

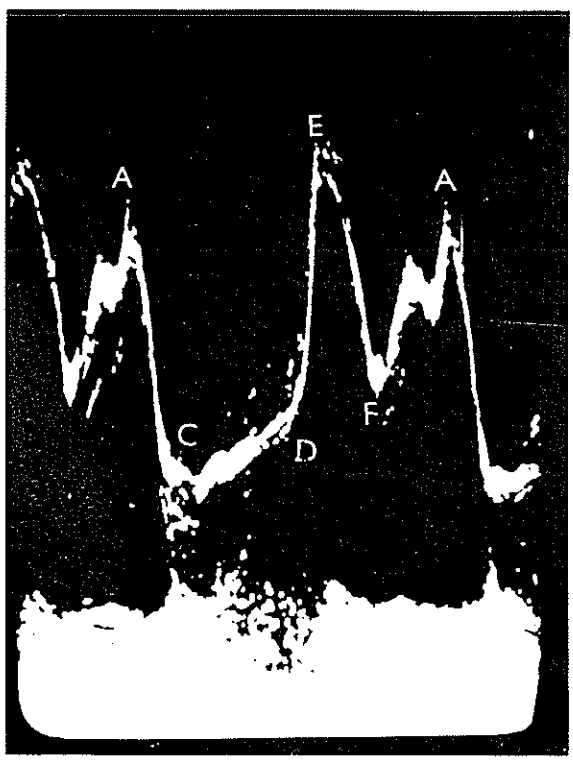


شکل۶

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]



شکل۸



شکل۷

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]

امواج پنج حد فاصل که با شرایط انعکاسی مساعد قرار داشته باشند از هر حدفاصل یک نقطه بروی آشکارساز ظاهر میگردد پس میتوان خط فرضی‌ئی را در نظر گرفت که بر روی آن پنج نقطه کم و بیش روشن که معرف پنج حد فاصل میباشند قرار گرفته است در این حال وقتی پروب را حرکت دهیم در کنار پنج نقطه اولیه پنج نقطهٔ بعدی چسبیده به نقاط اولیه ظاهر میگردند بعبارت دیگر ادامهٔ حرکت پروب نقاط جدید و پیوسته به نقاط قبلی را سبب میشود و نتیجتا" تصویر دوبعدی را عرضه مینماید.

سوار کردن پروب اولتراسونیک بـر روی یک اسکانر مکانیکی که از حرکات دوبعدی پیروی کند کاملا" ممکن میباشد، زمانیکه پروب بدور بیمار میگردد ثبت ممتد بر روی آشکارساز از مقطع همان قسمت بر صفحهٔ اوسیلوسکوپ بدست خواهد داد که از دو بعد تشکیل یافته است بطور کلی دو نوع اسکانر دو بعدی وجود دارد:

۱ ــ دستگاه‌های با محفظهٔ آبی که بین ترانسدوسور و سطح بدن قرار میگیرد تدارک شده‌اند.

۲ ــ دستگاه‌هایی که پروب مستقیما" با سطح بدن تماس دارد.

مزیت دستهٔ اول

۱ ــ امکان کاربری پروب با سیستم خودکار یعنی پروب با نظم و سرعت معینی ناحیهٔ مورد نظر را اسکن مینماید.

۲ ــ وجود فاصله بین پروب و بدن که موجب مبری شدن از معایب کاربری قسمتی از Near Field میباشد.

اشکال اساسی در این طریقه اینستکه همه جای بدن را نمیتوان با تانک پلاستیکی حاوی آب در تماس کامل قرار داد، اینستکه از طریقهٔ مذکور بطور محدود استفاده میشود با تمام این احوال تنها در Common Wealth Acoustic Laboratories استرالیا از اسکانرهای دستهٔ اول برای شکم استفاده میگردد.

در مرکز پژوهشهای اولتراسونیک دانشکدهٔ پزشکی داریوش کبیر از این نوع اسکانرها فقط برای بررسی بیماریهای تیروئید و پستان و بیضه استفاده میگردد.

برای کاربری هر نوع اسکانر مصرف لایه‌ای از روغن پارافین، گلیسیرین یا روغن زیتون الزامی است زیرا با این کار لایهٔ هوایی که بین پروب و بدن حبس میگردد و موجب انعکاس کلی امواج میشود از بین خواهد رفت.

C–Scope

اگرچه این طریقه با نام مجزایی معرفی شده است ولی در واقع همان B–Scan میباشد با این تفاوت که تنهـا ضخامت معینی از عضو مورد بررسی قرار میگیرد. محدود کردن یک لایه معینی با سیستمی بنام Gate عملی خواهد شد در این حال اطلاعات در جهت عمودی و افقی بشکل B–Scan رسم میشود ولی هیچگونه اطلاعی از فواصل در تصویر نیست، فاصلهٔ از پروب و ضخامتی از عضو که موردنظر است میبایستی قبلا" با Gate تنظیم شود.

Time position Recording

آنچه را که دستگاه Pulse Echo بدست میدهد محلوطی است از دو اطلاع زمان یا فاصله و دامنه. تغییر آنی وضع یک منعکس کنندهٔ متحرک مثل دریچهٔ میترال چیزی جز موقعیت جدیدش در زمان نیست اگر خط زمان در صفحهٔ آشکارساز با سرعت متناسبی در حرکت باشد ثبت موقعیت‌های مختلف و پیاپی منعکس‌کننده متحرک در لحظات متفاوت بهم پیوسته میگردند و در نتیجـه شکل موجـی مخصوصی را بدست میدهد که تغییرات آن معرف موقعیت‌های منعکس کننده و فواصلش از ترانسدوسور نسبت به زمان خواهد بود. (شکل ۸)

اثرات بیولژیکی اولتراسون

در این قسمت تنها از خطرات احتمالی ناشی از کاربری آن بحث خواهد شد. تجربیات متعددی در این زمینـه انجام گردید معمولا" این تجربیات با دستگاه‌های موجود در بازار که در تشخیص بالینی مصرف میشود عملی میگردد. قدرت، توراتر، تعداد تک‌موجها در دقیقه درست معادل همان مقادیری است که در تشخیص بکار میرود تا بدین وسیله پارامترهای فیزیکی دستگاه یکسان باشد و از این راه انحرافی صورت نگیرد.

اولین وحله تخم بارور شدهٔ قورباغه در معرض تابش امواج اولتراسون قرار داده شد در نوزادهای متولد شده هیچگونه تغییر شکل ظاهری ایجاد نگردید. تجربیـات وسیع تری بر روی موشهای آبستن صورت گرفت خوشبختانه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]

نوزادان متولد شده از نظر سلولی و از نظر رفتار و ژنتیک تغییری را نشان ندادند، این تایج مشوقی بود برای کارهای بعدی و متعاقبا" موشهای ماده مورد امتحان قرار گرفتند باز هم هیچ تغییری در سیکل فحلشان، هیستولوژی تخمدانها، میزان یا نحوهٔ باروری و یا مرگ جنین صورت نگرفت.

در سال ۱۹۷۰ باز بر روی دسته‌های وسیعی از موشهای آبستن امواج اولتراسون تابانده شد هیچ تغییری در مدت آبستنی، وزن جنین و اندازهٔ بچه‌ها و یا ناهنجاری دیده نشد، گزارش مستندی از کاربری اولتراسون بر روی ۱۱۱۴ زن آبستن از سه مرکز اولتراسونیک دانشگاه لوند سوئد، دانشگاه گلاسگو اسکاتلند و دانشگاه نیویورک آمریکا انتشار یافته است، این آمار نشان داد که ناهنجاری جنین ۲/۷٪ بوده است در حالیکه تعداد زنهای آبستنی که با اولتراسون امتحان نشدند ناهنجاریهای ۴/۸٪ را نشان دادند، معقول نیست که از آمار بالا چنین نتیجه گرفته شود که اولتراسون نسبت ناهنجاریها را کاهش میدهد بلکه باید نتیجه گرفت که رقم ناهنجاریهای جنین با این روش نو افزایش نمییابد.

همچنین تجربیات اعمال شده نشان داد که کاربری اولتراسون از نظر زمان آبستنی محدودیتی ندارد به این مفهوم که هم در اوائل و هم در اواخر آبستنی و حتی بهر تعداد و میزانی که نتیجهٔ درست گرفته شود میتوان بکار برد.

نتیجتا" تاباندن امواج اولتراسون تشخیصی در زن آبستن بلامانع خواهد بود و تا امروز هیچ دلیلی برای ایجاد آسیب یا ناهنجاریهای جنین وجود ندارد. (۱۳)

REFERENCES

1. Chilowsky, C. and Langevin, M.P. Procedes et appareils pour la production de signaux sous-marins diriges et pour la localisation a distance d.obstacles sous-marins. French Patent No. 502913. 1916.
2. Sokolov, S.Y. Means for indicating flaws in materials. U.S. Patent 2, 164, 125. 1937.
3. Firestone, F.A. Flaw detecting device and measuring instrument. U.S. Patent 2, 280, 266. 1940.
4. Dussik, K.T. Uber die moglichkeit hochfrequente mechanishce Schwingungen als diagnostisches Hilfsmittal zu verwanden. Z. ges Neurol. Psych. 174: 153-168. 1942.
5. Guttner, W., Fielder, G. & Patzold, J. Uber ultraschallabbildungen am meslichen Schadel. Acustica 2: 148-156. 1952.
6. U.S. Atomic Energy Commission Studies in methods in instruments to improve the localization of radioactive materials in the body with special reference to the diagnosis of brain tumours and the use of ultrasonic techniques. AECU-3012. University of Minnesota Press. 1955.
7. Ludwin, G.D. & Struthers, F.W. Consideration underlying the use of ultrasound to detect gallstobes and foreign bodies in tissue. Project NM004: 001. Naval Medical Research Institute 4: 1-23. 1949.
8. French, L.A., Wild, J.J. & Neal, D. Experimental application of ultrasonics to localization of brain tumours: preliminary report. J. Neurosurg. 8: 198-203. 1951.
9. French, L.A., Wild, J.J. & Nehl, D. Detection of cerebral tumours by ultrasonic pulses: pilot studies on post-morten material. Cancer 3: 705-708, 1950.
10. Howry, D.H. and Bliss, W.R. Ultrasonic visualization on soft tissue structures of the body. J. Lab. Clin. Med. 40: 579-592. 1952.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]

11. Leksell, L. Echo-encephalography: detection of intracrenial complications following head injury. Acta chir. scand. 110: 301-315. 1956.
12. Hertz, C.H. and Edler, I. Die Registrierung von Herwandbewegungen mit Hilfe des Ultraschall-impulsverfahrens. Acustica 6: 361. 1956.
13. Louis M. Hellman, Ian Donald and Bertil Sunden; Safety of Diagnostic Ultrasound in "Obstetrics", The Lancet, May 30, 1970. PP. 1133-1135.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-05]