

نامه دانشکده پزشکی تهران

اسفندماه ۱۳۴۴

شماره ششم از سال بیست و سوم

جستجوها و گردآوریهای علمی

دکتر ذبیح‌الله عزیزی

دکتر خلیل معزز

دکتر فریدون منوچهریان

دکتر مهدی شریفی

دکتر رضا فتورحی

اولتراسون در پزشکی

از انتشارات گروه فیزیک پزشکی

از سال ۱۳۳۸ که آزمایشگاه فیزیک پزشکی موفق گشت اولین مقاله (۱) خود را راجع به اولتراسون و طرز کار با آن که در ایران بیسابقه بود نشر دهد و سپس بترتیب در سالهای بعد مقالات دیگری راجع به استفاده از اولتراسون در بیماریهای مختلف انتشار داد بتدریج دوستان عزیز و همکاران ارجمند خواستار آن شدند که اثر اولتراسون را در سایر رشته ها و بیماریها مطالعه فرمایند لذا بر آن شدیم که مقاله ای جامع تنظیم و ترتیب دهیم تا نه فقط نظرایشان را تأمین نموده باشیم بلکه بتوانیم باطلاع کلیه همکاران عزیز برسانیم که در هر رشته ای که مشغول تحقیق و مطالعه هستند میتوانند قسمتی از آن را بدین وسیله جدید

* استادان دانشکده پزشکی • استادیاران دانشکده پزشکی

۱- بهمن ماه ۱۳۳۸ - صفحه ۶۲۷ - شماره پنجم - سال هفدهم.

اختصاص دهند که روز بروز بر اهمیت آن افزوده میشود و در مجامع و کنگره های بخصوصی از آن بحث میشود .

تشخیص وراء صوتی

بوسیله امواج اولتراسون میتوان ساختمان طبیعی و مرضی بعضی از قسمت های بدن را مورد مطالعه قرار داد. این روش که تقریباً از ربع قرن پیش مورد توجه علماء واقع شده اولتراسونودیاگنوستیک (Ultrasonodiagnostic) یا تشخیص وراء صوتی نامیده میشود .

تولید امواج صوتی

بعضی از بلورها از جمله کوارتز، نمک روچل (Rochell) و نمک سنیت (Seigneth) این خاصیت را دارند که هرگاه آنها را در جهت معینی فشرده یا منبسط نمائیم روی دو سطح متقابل آنها بار الکتریکی مساوی و مختلف العلامه تولید شود . این کیفیت در سال ۱۸۸۰ توسط برادران کوری کشف و بنام «خاصیت پیزوالکتریسیته» نامیده شد . یک سال بعد لیپمن مشاهده کرد که دادن بار الکتریکی به سطوح بلورهای مزبور بعکس سبب انقباض و انبساط آنها میشود . لیپمن این کیفیت را پدیده عکس پیزوالکتریسیته نامید .

بنابر پدیده عکس پیزوالکتریسیته دادن جریان متناوب به بلور پیزوالکتریک آنرا متناوباً منقبض و منبسط نموده با ارتعاش در میآورد . فرکانس جریان متناوب مرتعش کننده بلور و فرکانس ارتعاشات بلور کاملاً یکسان بوده و هرگاه بین بلور و جریان متناوب از نظریه فیزیکی رزونانس برقرار گردد با تساوی سایر شرایط بدامنه و شدت ارتعاشات بلور افزوده میشود .

اگر بلوریکه به ترتیب بالا مرتعش شده است در محیطی مادی مثلاً هوا قرار گیرد ارتعاشات آن سبب مرتعش شدن محیط مزبور میشود و امواج وراء صوتی بوجود میآورد . در صورتیکه فرکانس امواج مزبور از بیست هزار سیکل در ثانیه که حد قابل درک برای انسان است تجاوز نماید بآن امواج وراء صوتی میگویند .

تاریخچه تشخیص وراء صوتی

مبدأ تاریخی استفاده از امواج وراء صوتی در تشخیص بیماریها سال ۱۹۴۲ و مسیحی است . دوسییک (Dussik) در این سال برای نخستین بار امواج اولتراسون را برای بررسی سلسله اعصاب مرکزی و خاصه تشخیص تومورهاییکه در بطن های مغز بوجود میآیند بکار برد . هشت سال بعد فرنچ (French)، وایلد (Wild) و نیل (Neal) در طی گزارش جالبی موفقیت خود را در تشخیص غدد مغزی پس از برگ بیماران با استفاده از امواج وراء صوتی اعلام نمودند .

در این اوان، لکسل (Leksell) که تجارب علماء نامبرده جاب توجهش را نموده بود نه تنها تحقیقات دامنه‌داری در زمینه تشخیص وضع عادی و مرضی تشکیلات بین دو نیمکره مغز انجام داد بلکه شواهد بالینی جالبی نیز بر له این طریقه جدید ارائه نمود.

بدنبال لکسل دوویگر (Devieger)، ریدر (Ridder)، جفرسن (Jefferson)، لیتاندر (Lithander)، جیسون (Jeppson) تایلور و دانشمندان دیگر در زمینه تکمیل روشهای تشخیص وراء صوتی موفقیت‌هایی بدست آوردند که بخصوص در تمیز آزارهائی که سبب تغییر وضع تشکیلات بین دو نیمکره مغز میشوند سفید واقع شوند. دیری نپائید که از اسواج صوتی بجز تشخیص بعضی از اسراض مغز در رشته‌های دیگر نیز استفاده کردند. موند (Mundt) و هیوگس (Hughes) اول بار در سال ۱۹۰۶ میلادی از این اسواج در چشم پزشکی برای تشخیص برخی آزاره‌های چشم استفاده کردند. بعداً اوکسالا (Oksala)، لیتینن (Lethinen)، گرین وود (Greenwood)، بوم (Baume)، نوور (Nower)، ستال کمپ (Stallkamp)، جانسن (Jansson) و محققین دیگر در گزارشهایی که به تناوب در طی سالهای ۱۹۰۷ تا ۱۹۱۶ انتشار دادند شیوه‌های عملی تشخیص وراء صوتی پاره‌ای از بیماریهای چشم و مزایای بالینی آنرا شرح دادند.

مدتی نگذشت که استفاده از اولتراسونودیا گنوستیک در جراحی مغز و چشم پزشکی علاقه متجسسین رشته‌های مختلفه پزشکی را به این روش جدید و در عین حال بیخطریش از پیش جلب نمود. بطوریکه هم‌اکنون دامنه استعمال این طریقه تشخیص جدید بسیار وسیع شده است.

مبانی فیزیکی تشخیص وراء صوتی

بنیای فیزیکی اولتراسونودیا گنوستیک منکی بر سه خاصیت جذب، انعکاس و انکسار این اسواج توسط اعضاء و نسوج طبیعی و مرضی بدن است:

الف- تشخیص وراء صوتی بر اساس جذب.

انرژی وراء صوتی در عبور از بافتها، مایعات و محیط‌های مختلف بدن کم و بیش جذب شده و کمیت آن تغییر میکند. مقدار جذب این انرژی در تمام انساج یکسان نبوده و بر حسب ساختمان آنها تفاوت مینماید. مثلاً میزان جذب انرژی مزبور در بافتهای چربی و مایعات بدن کمتر از بافتهای ماهیچه‌ای است.

بر اساس تحقیقات دکتر هرمان شوان محقق دانشگاه پنسیلوانیا که در موضوع چگونگی جذب انرژی وراء صوتی در بافتها و مایعات درون و بیرون سلولی، مطالعات زیادی دارد

عوامل زیر در جذب انرژی و رآء صوتی مؤثراند:

- ۱- امپدانس صوتی بافتهای بدن.
 - ۲- سرعت امواج اولتراسون در بافت.
 - ۳- درجه حرارت بافت.
 - ۴- تراکم بافت.
 - ۵- توان امواج اولتراسون.
 - ۶- فرکانس امواج و رآء صوتی.
 - ۷- مدت عبور امواج از بافت.
 - ۸- ضریب جذب و رآء صوتی بافت.
- شوان، گولدن، هتر و سایر محققین دیگر توانسته اند ضریب جذب و رآء صوتی بافتها و محیطهای مختلف را بوسیله فرمولهای ریاضی پیچیده ای بدست آورند.
- بنابراین آسیب هائی را که ضریب جذب و رآء صوتی آنها از ضریب جذب و رآء صوتی مناطق مجاور بطور محسوسی تفاوت نماید بوسیله امواج اولتراسون میتوان تشخیص داد.
- بعبارت دیگر همانطوری که اشعه رونتگن در عبور از مناطقی که مختصات جذبی آنها مختلف است غیریکنواخت میباشد و تصویر پرتونگاری را بوجود میآورد، امواج اولتراسون نیز در عبور از بافت هائی که ضریب جذب و رآء صوتی آنها از نواحی مجاور متفاوت باشد غیریکنواخت گردیده ایجاد تصویر و رآء صوتی میکنند. یعنی بهمان طریق که برای سرنی نمودن تصاویر پرتونگاری از اصلاح نقره یا مواد فلزات خورسان استفاده میشود برای سرنی نمودن تصاویر و رآء صوتی نیز از بدیده پیزوالکتریسیته که فوقاً بدان اشاره شد استفاده میکنند.
- در عمل برای بدست آوردن تصاویر و رآء صوتی از دستگاههای اولتراسونودیاگنوستیک مخصوص استفاده میکنند. در این دستگاهها یک مدار مولد جریان پرفرکانس وجود دارد که نوسانات الکتریکی غیرمستهلک را با فرکانس یک تا چند میلیون سیکل در ثانیه تولید نموده و بدو پروژکتور فرستنده میفرستند.
- در داخل این پروژکتور یک تیغه کوارتز پیزوالکتریک قرار دارد که نوسانات کثیرالتناوب مزبور را به امواج اولتراسون جهت دار و یکنواخت تبدیل کرده و بداخل عضو مورد معاینه میفرستد.
- در طرف دیگر عضو پروژکتور گیرنده دستگاه بموازات و سجاذات پروژکتور فرستنده حرکت داده میشود و امواجی را که در نتیجه عبور از بافتها و محیطهای بیولوژیکی با مشخصات جذبی مختلف غیر یکنواخت میشوند دریافت کرده و بر اساس خاصیت پیزوالکتریسیته به جریان الکتریکی تبدیل میکنند. این جریان پس از تقویت با لامپهای الکترونیکی بسیار حساس

به دستگاه اوسیلوگراف کاتودی مستقل شده منحنی تغییرات آن روی صفحه اوسیلوگراف رسم میگردد. در دستگاههای تشخیص و راء صوتی اغلب بوسیله یک سیستم عکاسی از تصاویر و راء صوتی که بطریقه فوق به پدیده نوری تبدیل میشوند عکسبرداری میکنند.

چگونگی تغییرات منحنی های مزبور که نمودار تصویر و راء صوتی عضو مورد معاینه میباشد در بعضی از حالات مرضی مثل تومورها، سنگ ها و اجسام خارجی بنحوی است که تشخیص ضایعه را ممکن میسازد.

ب - تشخیص و راء صوتی بر اساس انعکاس

سرعت انتشار امواج اولتراسون در محیط های مختلف متفاوت است. مثلاً سرعت این امواج در کوارتز و فولاد . . . ۵۰۰ متر در ثانیه، در آب ۱۴۸۴ در بارافین ۱۴۰۰ و در هوا ۳۳۱ متر در ثانیه است. به همین ترتیب سرعت انتشار امواج مزبور در بافت های گوناگون فرق میکند. مثلاً سرعت امواج و راء صوتی در بافت های نرم برابر سرعت انتشار امواج اولتراسون در آب بوده و تقریباً . . . ۱۰۰ متر در ثانیه است.

بطور کلی هرگاه امواج اولتراسون به حد فاصل دو محیط مختلف العالقه که سرعت انتشار امواج و راء صوتی در آنها بحد کافی متفاوت باشد برخورد نمایند در سطح محیط دوم منعکس شده دوباره به محیط اول رجعت مینمایند. در این صورت با استفاده از فرمول زیر بخوبی میتوان به محل و موقعیت سطح منعکس کننده پی برد.

$$D = \frac{v \times t}{2}$$

در این فرمول D فاصله پروژکتور فرستنده تا سطح منعکس کننده است، t فاصله زمانی بین ارسال و دریافت امواج است و v سرعت سیر امواج در محیط اول میباشد
اساس تشخیص و راء صوتی که با استفاده از خاصیت انعکاس امواج و راء صوتی صورت میگردد نیز بقسمی است که در فوق بدان اشاره شد یعنی حد فاصل بعضی بافتها و ساختمانهای طبیعی و مرضی امواج اولتراسون را منعکس مینمایند که از بررسی امواج منعکس شده اطلاعات مبسوطی در زمینه موقعیت و چگونگی بافتها و تشکیلات عادی و غیرعادی بدست میآید. در این طریقه نیز مجموعه علائمی را که بکمک انعکاس امواج و راء صوتی بدست میآورند تصویر و راء صوتی مینمایند.

تصاویر و راء صوتی که از طریق انعکاس بدست میآیند گرچه بمفهوم کلمه با تصویر حقیقی قسمتهای مورد مطالعه فرق بسیار دارند معذالک با پیشرفتهای زیادی که در زمینه

تفسیر و نتیجه گیری از آنها بعمل آمده غالباً بهمان اندازه گویا و مفید واقع میشوند. عملاً برای بدست آوردن تصاویر وراء صوتی انعکاس از دستگاههای اولتراسونو- دیاگنوستیک مخصوصی که شباهت بسیار به رادار دارند استفاده مینمایند. در این دستگاهها یک سیستم تولید جریان کثیرالتاوب جریانی باواتر حدود چند میلیون سیکل در ثانیه تولید نموده و به پروژکتور فرستنده که آنها به امواج اولتراسون تبدیل میکند مینفرستد. این امواج بوسیله یک ماده واسطه مثل پارافین بداخل عضو مورد نظر هدایت میشوند و عرجا که به حدفاصل بافتها و سطوح منعکس کننده برخورد نمایند منعکس شده و باطراف پروژکتور فرستنده بازگشت میکنند.

امواج بازگشته توسط پروژکتور گیرنده دریافت شده بنا بر خاصیت پیزو الکتریسیته به جریانهایی که شدت آنها بشدت امواج منعکس بستگی دارد تبدیل میگرددند. امپولسیونهای الکتریکی مزبور که هر یک معرف یک سطح یا حد فاصل منعکس کننده مخصوص میباشد پس از تقویت بالامپهای الکترونی به دستگاه اوسیلوگراف کاتودی منتقل شده منحنی آنها روی صفحه اوسیلوگراف نمایان میشوند.

در اینجا نیز توسط یک سیستم فیلمبرداری از منحنیهای فوق الذکر عکسبرداری میشود. مطالعه منحنیهای بدست آمده در افراد سالم و بیمار (مثلاً بیماران مبتلا به تومورهای

سغزی) و تطبیق آنها با تغییرات تشریحی بافتی و نتایج آسیب شناسی کلید تشخیص بعضی از امراض بکمک امواج وراء صوتی است.

ج - تشخیص وراء صوتی بر اساس انعکاس

این روش که بتازگی مورد توجه محققین قرار گرفته متکی بر انعکاس امواج اولتراسون توسط بافتها و تشکیلات مختلفه طبیعی و غیرطبیعی بدن است. چون گزارشهای منتشره در مورد طریقه مزبور هنوز کم است لذا از بحث درباره آن میگذریم.

بطور کلی از میان سه روشی که فوقاً بدان اشاره شد بدلائل بالینی، تشریحی و فیزیکی طریقه متکی به انعکاس مهمترین روش تشخیص وراء صوتی است.

موارد استعمال بالینی تشخیص وراء صوتی

مهمترین موارد استفاده از تشخیص وراء صوتی بر حسب رشته های مختلف پزشکی

بطور خلاصه برقرار زیراند:

اول - جراحی مغز و اعصاب

امروز با استفاده از کیفیت انعکاسی امواج وراء صوتی بوسیله تشکیلات ساختمانی این

دو نیمکره مغزیماریهائی را که سبب انحراف این تشکیلات میگردند تشخیص میدهند و این تکنیک تازه و جالب را «اکوانسفالوگرافی» (Ecoencephalography) مینامند.

بنابر گزارشهای منتشره از طرف مرکز پزشکی آلبرت اینشتین آمریکا اکوانسفالوگرافی تا حال در تشخیص حالات زیر، نتایج خوب داده است:

۱- تومورهای داخل جمجمه .

۲- هماتومهای داخل جمجمه .

۳- ترومبوزشریان سبات داخلی و شاخه های اصلی آن .

۴- ضربه های جمجمه ای .

۵- ترومبوز مغز .

بطور کلی اکوانسفالوگرافی جانشین سایر روشهای تشخیص بیماریهای مغز نیست بلکه طریقه تازه و بیضرر تشخیص ضایعاتی است که بنحوی فضای مغز را اشغال کرده و سبب انحراف تشکیلات این دو نیمکره مغز میشوند.

دوم - چشم پزشکی

چشم از نقطه نظر معاینات و راء صوتی یکی از مهمترین اعضاء بدن است. زیرا چشم از نظر فیزیکی بمنزله کوره ای مملو از مایع با قسمتهای مختلف است و هرچند که وظایف این قسمت ها متفاوت میباشد ولی اسپندانس صوتی آنها کم و بیش یکنواخت است. بطوریکه اکنون با استفاده از چگونگی انعکاس امواج اولتراسون توسط قسمتهای مختلف چشم برخی از آزارهای آنرا تشخیص میدهند. و این تکنیک جدید را «اکوافتالوگرافی» میگویند.

بموجب گزارشهای منتشره از طرف کلینیک چشم پزشکی دانشگاه تورکو فنلاند و سایر کز چشم پزشکی برخی سالک دیگر اکوافتالوگرافی در تشخیص حالات زیر نتیجه عالی میدهد:

۱- اجسام خارجی داخل چشم - تمام اجسام خارجی چشم از جمله اجسامی که بوسیله پرتو نگاری قابل تشخیص نمیشند امواج و راء صوتی را منعکس مینمایند. از این جهت اکوافتالوگرافی روش جدید و مؤثری است برای تشخیص و تعیین محل کلیه اجسام خارجی چشم. خطای تعیین محل این اجسام با تکنیک اکوافتالوگرافی برای اجسام واقع در بخش قدامی و خلفی چشم به ترتیب در حدود ۱ تا ۲ سیلیمتر و ۳ تا ۳ میلیمتر است. بعلاوه بکمک اکوافتالوگرافی بطور قطع میتوان اجسام واقع در جدار خلفی و فضای عقب کره چشم را نیز از هم تمیز داد.

۲- جداشدگی شبکیه - رتین جدا شده امواج و راء صوتی را بخوبی منعکس میکند.

بهمین جهت اکوافتالوگرافی یکی از جدیدترین و درعین حال بهترین روشهای تشخیص جدا شدگی رتین است.

بکمک امواج وراء صوتی حتی در مواردیکه معاینه افتالمولوژیکی چشم مقدور نیست میتوان دکولمان رتین را تشخیص داد. مثلاً در حالیکه تشخیص جداشدگی شبکیه با وسایل معمولی و در شخص مبتلا به آب مروارید تقریباً غیر ممکن است بکمک دستگاه اکوافتالوگراف حتی پیش از در آوردن جلیدیه مبتلا، این عمل امکان پذیر است.

۳- جدا شدگی مشیمیه - غالباً جدا شدگی مشیمیه از عوارضی است که بدنبال عمل آب مروارید یا آب بروز میکند. غالب اوقات تشخیص افتراقی تومور مشیمیه و جداشدگی آن مشکل است. بکمک امواج وراء صوتی یا عبارت بهتر بوسیله اکوافتالوگرافی دو حالت مزبور را بنحو مؤثری میتوان از یکدیگر تمیز داد. دقت اکوافتالوگرافی در تشخیص جدا شدگی های محیطی مشیمیه که غالباً بعد از عمل کاتاراکت رخ میدهد از افتالموسکوپى زیادتر است.

۴- کدورت های مایع زجاجیه - آزمایش اکوافتالوگرافی خاصه در مواردی که بغلت وجود کاتاراکت معاینه اپتیک مایع زجاجیه مقدور نیست اطلاعات جالبی در اختیار چشم پزشکان میگذارد.

خونریزیهای داخل مایع زجاجیه همیشه امواج اولتراسون را منعکس مینمایند و بنا بر این با اکوافتالوگرافی قابل تشخیص میباشد. طبق گزارشهای منتشره اکوگرام خونریزیهای تازه و کهنه طوری است که تمیز آنها از یکدیگر امکان پذیر است.

۵- تومورهای درون چشم - تشخیص بالینی ملانوم مشیمیه اغلب بسیار مشکل است. بخصوص که اکثراً معلوم نمیشود توده موجود در زیر رتین جدا شده از جنس مایع است یا نسج تومورال. در مواردی مثل گلوکوم که تشخیص افتالموسکوپیک عارضه ممکن نباشد آزمایش اکوافتالوگرافی وجود تومور یا عدم آن را مسجل کرده تشخیص افتراقی را ممکن میسازد. شرط تشخیص تومور با تکنیک وراء صوتی اینست که تومور حداقل ۱/۵ تا ۲ میلیمتر بداخل مایع زجاجیه نفوذ کرده باشد.

گرچه تشخیص بالینی رتینوبلاستوم معمولاً بدشواری ملانوم نیست معذالک علائم وراء صوتی به تشخیص و مداوای آن کمک مهمی میکند.

هرچند که در حال حاضر معاینه وراء صوتی فقط یکی از طرق امتحان چشم است، معیناً تجزیه و تحلیل اکوگرام چشم غالب اوقات و بخصوص در مواردیکه بغلت کدورت

قرنیه یا جلیدیه آزمایش بالینی چشم میسر نباشد به تشخیص افتراقی بیماریهای عضو مزبور کمک شایانی میکند.

سوم- مامائی

اخیراً در رشته مامائی نیز از تشخیص و راء صوتی استفاده شده است. بدین ترتیب که بر اساس چگونگی انعکاس اولتراسون توسط سر جنین موقعیت سر و حتی اقطار آنرا اندازه میگیرند و این عمل را فتال سفالومتری (Fetalcephalemtry) میگویند. فتال سفالومتری برخلاف آزمایشهای پرتوشناسی بیضرراست و در تمام ماههای بارداری میتوان از آن استفاده نمود. بوسیله تکنیک اخیر میتوان قطر بین دو گوش جنین را در داخل رحم با دقت تا حدود یک میلیمتر اندازه گرفت و در برخی موارد لزوم انجام عمل سزارین را از پیش معلوم نمود.

چهارم - بیماریهای میزه راه

در سنوات اخیر موفقیت های جالبی در زمینه تشخیص سنگهای کلیه و مجاری ادرار بکمک امواج و راء صوتی بدست آمده است. اساس تشخیص و راء صوتی سنگهای مجاری ادرار و کلیه ها متکی بر چگونگی انعکاس امواج و راء صوتی توسط رسوبهای متمرکز شده مزبور و پیدایش علائم مشخصه بر روی اکوگرام است. چون در تشخیص و راء صوتی سنگهای مجاری ادرار و کلیه ها، احتیاج به تزریق ماده حاجب نیست و مخاطرات سعینات پرتوشناسی را نیز ندارد بسیار مورد توجه واقع شده است.

پنجم - بیماریهای قلب

یکی دیگر از موارد استعمال اولتراسونودیاگنوستیک معاینه دریچه میترال است. بدین ترتیب که امواج و راء صوتی را روی دریچه میترال میفرستند و چگونگی امواج بازگشته را روی صفحه اوسیلوگراف کاتودی بررسی میکنند و این عمل را اکوکاردیوگرافی (Echocardiography) مینامند. به کمک اکوکاردیوگرافی میتوان تحرک دریچه میترال را که اغلب در نتیجه بیماری رماتیسم حاد مفصلی کم و بیش مختل میشود اندازه گرفت و همچنین نتیجه عمل جراحی بر روی دریچه میترال را بررسی نمود.

ششم - دستگاه گوارش

تشخیص و راء صوتی از نظر متخصصین جهاز هاضمه نیز پوشیده نمانده است. بطوریکه از گزارشهای منتشره برمیآید تا کنون موفقیت هائی در زمینه تشخیص و راء صوتی بیماریهای زیر بدست آمده است:

۱- سنگهای کیسه صفرا و مجاری صفراوی.

- ۲- برخی آبنه‌های کبدی .
 ۳- بعضی اورام داخل شکم .
 ۴- تومورهای داخل شکم .

خلاصه و نتیجه

تشخیص و راء صوتی روش جدیدی است برای تمیز بعضی از بیماریها. این شیوه برخلاف آنچه بنظر میآید چنانچین تشخیص پرتوشناسی نبوده بلکه مکمل آن است. چه تشخیص و راء صوتی در عین نداشتن مخاطرات بالقوه تشخیص پرتوشناسی نظیر سرطان، موتاسیونهای ژنتیک، آب مروارید، عتیمی و غیره وسیله کاوش برخی بافتها و تشکیلات غیر قابل معاینه با اشعه ایکس است.

References

- 1- The American Journal of Roentgenology, Radium therapy and Nuclear Medicine, official organ of the American Roentgen Ray Society, Volume 93, April 1965:
 - Medical Ultrasonics; Essentials of Echoencephalography. G. Elizonda Martel, M. D., and J. Gershan - Cohen, M. D., D. Sc.
 - Echoencephalography in General Hospital Practice, Marc S. Lapayawher, M. D., and General E. christen, B. E. E.
 - Anatomic Localization of Midline Echo in Sonograms of the Brain. James R. Brylshi, M. D., and Joseph L. Izentark, M. D.
- 2- Scientific Proceedings of The Seventh Annual Conference of The American institute of Ultrasonics in Medicine, New York, August 25, 1962.
 - New Uses of Ultrasound, Bernard S. Post, M. D.
 - Absorption of Ultrasound by tissues and Biological matter, H. P. Schwan M. D.
- 3- Article, Ultrasound Pictures a slice of life. Medical Word, (May) 1962. pp 30-31.
- 4- The Ultrasonic echo method in cardiological diagnosis, German Med. Monthly, Vol. 2, (Nov) 1957

5- Survey of methods used for the visualization of ultrasonic field. Soviet Physi - Acoust. Vol. I, 1955.

6. The application of ultrasonic locating techniques to ophthalmology. A. M. A. Archives of ophth., Vol, 60, (Aug) 1958.

7- Ultrasonic Diagnosis of Eye Diseases, Prof. Dr. Arvo aksala, S. R. W. News Number 19/1963.

۸- نامه ماهانه دانشکده پزشکی - مقاله اولتراسون (اسواج و راء صوتی و زیر صوتی) نگارش

دکتر ذبیح الله عزیزی استاد فیزیکی پزشکی (شماره پنجم از سال هفدهم بهمن ماه ۱۳۳۸ صفحه ۶۲۷).