Ultraschall

Definition:

Ultraschall ist Schall mit einer Frequenz jenseits der menschlichen Hörschwelle, ab 20 kHz bis 1 GHz.

Was ist eine Ultraschall-Untersuchung?

Bei einer Ultraschall-Untersuchung werden verschiedene Körperregionen mit Hilfe von Ultraschallwellen bildlich dargestellt. Sie dient in vielen Bereichen zur Erstdiagnose von Erkrankungen.

Geschichte des Ultraschalls

Der Grundgedanke der Sichtbarmachung von Strukturen und Gewebe durch Schall geht auf militärische Anwendungen zurück. Während dem ersten Weltkrieg übertrug der Franzose Paul Langevin mithilfe von Quarzkristallen erzeugte Ultraschallwellen in Wasser und entwickelte so ein Verfahren mit dem man z.B. U-Boote orten konnte.

Für medizinische Anwendungen eigneten sich diese Verfahren allerdings nicht, da die Schallwellen so intensiv waren, dass von ihnen getroffene Fische zerbarsten.

Diese Form der Ultraschallanwendung wurde auch im zweiten Weltkrieg fortgesetzt.

In der Zeit zwischen den beiden Kriegen entwickelten der Russe Sokoloff und der Amerikaner Firestone das Ultraschallverfahren zur Aufdeckung von Materialfehlern in Werkstoffen.

Die erste medizinische Anwendung des Ultraschalls erfolgte 1942 durch den Neurologen Karl Dussik. Er stellte durch die A-Mode-Messung (erklär später noch was es ist) einen Seitenventrikel des Großhirns dar. Sein Verfahren nannte er Hyperphonographie.

Seit den 40er Jahren entwickelte sich die Sonographie in speziellen medizinische Fachrichtungen immer mehr. Dabei wurden unter Anderem das Compound-Verfahren angewandt, bei dem eine Ultraschallsonde auf einer Kreisbahn um eine wassergefüllte Tonne, in der die Testperson saß, herum.

Auch in den 40er Jahren erfolgten erste Anwendungen in der Ophthalmologie (Augenuntersuchung) und in der Gynäkologie.

Die erste Anwendung des Dopplerprinzips erfolgte 1959.

Anwendungen in der Medizin

Die Sonografie ist das am häufigsten genutzte bildgebende Verfahren in der Medizin überhaupt. Ein wesentlicher Vorteil der Sonografie gegenüber dem in der Medizin ebenfalls häufig verwendeten Röntgen liegt in der Unschädlichkeit der eingesetzten Schallwellen. Auch sensible Gewebe wie die, von Ungeborenen werden nicht beschädigt, die Untersuchung verläuft weitgehend schmerzfrei. Deshalb ist die Sonographie auch ein Standardverfahren in der Schwangerschaftsvorsorge. Dabei ist die Ultraschallanwendung zur Erstbeurteilung und

für Verlaufskontrollen geeignet. Außerdem ist sie standardmäßig zur Untersuchung der Schilddrüse, des Herzens (Echokardiografie), der Nieren, der Harnwege und der Blase benutzt. Mithilfe von so genannten Echokonstrastverstärkern (Kontrastmittel) ist in geeigneten Fällen eine Verbesserung der Diagnostik möglich.

Die Aufnahme von Ultraschallbildsequenzen insbesondere in Verbindung mit Kontrastmitteln erlaubt die Beurteilung der Perfusion verschiedener Organe wie z.B. Leber oder Gehirn durch die Verlaufs-Visualisierung des Kontrastmittelniveaus im Blutkreislauf. Dies unterstützt z.B. eine frühzeitige Diagnose eines ischämischen Schlaganfalls.

Wie funktioniert die Untersuchung?

In gynäkologischen Vorsorgeuntersuchungen werden die Eierstöcke und Gebärmutter betrachtet.

Grundsätzlich funktioniert die Sonographie so:

Es wird Ultraschall mit Frequenzen zwischen 1 und 40 MHz verwendet. Diese haben eine mittlere Schallintensität damit sie das Gewebe nicht zerstören.

Ein Ultraschallgerät enthält einen Schallkopf bzw. eine Ultraschallsonde, die durch den piezoelektrischen Effekt erzeugt Schallwellen aussendet. Unter dem piezoelektrische Effekt versteht man das Phänomen, dass bei der Verformung bestimmter Materialien auf deren Oberfläche elektrische Ladungen auftreten.

Die ausgesandten Schallwellen werden dann je nach Gewebeart absorbiert oder reflektiert. An der Grenzfläche zweier Stoffe z.B. wird der Schall stark reflektiert.

Die Ultraschallsonde wird mit einem stark wasserhaltigen Gel angekoppelt, damit der Schall nicht von der Luft zwischen Sondenkopf und Hautoberfläche reflektiert wird.

Die Stärke der Reflexion wird vom Ultraschallgerät aufgenommen und aus der Laufzeit der reflektierten Signale kann dann die Tiefe der reflektierten Gewebestruktur rekonstruiert werden. Diese rekonstruierte Gewebestruktur wird dann als Bild auf den Monitor übertragen. Strukturen die die Ultraschallwellen kaum oder gar nicht reflektiert haben, werden schwarz dargestellt, Strukturen die die Ultraschallwellen stark reflektiert haben weiß.

Kaum oder gar nicht reflektieren die Schallwellen vor Allem Flüssigkeiten und Blut. Stark reflektieren die Schallwellen vor Allem Knochen, Gase, etc.

Bei der Sonographie gibt es verschiedene Verfahren:

A-Mode

Die erste angewandte Darstellungsform war der *A-Mode*.

Das von der Sonde empfangene Echo wird in einem Diagramm dargestellt, wobei auf der x-Achse die Eindringtiefe und auf der y-Achse die Echostärke abgetragen wird.

Je höher der Ausschlag der Messkurve, desto mehr reflektiert das Gewebe die Ultraschallwellen in der angegebenen Tiefe.

Die Verstärkung der Signalimpulse durch die Auswerte-Elektronik ist allerdings zeitabhängig, weil eine größere Laufzeit der Wellen aus tieferen Schichten wegen Absorption zu sehr geringer Signalamplitude führt.

Der A-Mode hat deshalb heute nahezu keine Bedeutung mehr.

B-Mode

B-Mode ist eine andere Darstellung der Information, die durch Reflexion beim Ultraschallgerät ankommt. Dabei wird die Echointensität in Helligkeit umgesetzt.

Die Sonde wird dabei mechanisch bewegt und der Messstrahl überstreicht eine Fläche in einer ungefähr senkrechten Ebene zur Körperoberfläche.

Die Amplitude einer reflektierten Ultraschallwelle zeichnet dabei einen Bildpunkt auf dem Bildschirm in einem Grauwert ab.

2D-Echtzeitmodus

Der 2D- Echtzeitmodus ist die derzeit am häufigsten angewandte Methode des Ultraschalls. Dabei wird ein zweidimensionales Schnittbild des untersuchten Gewebes erzeugt. Und zwar so:

Der Sondenkopf, und somit auch der Messstrahl, wird, wie in der B-Mode, automatisch geschwenkt. Dabei wird ein 2-Dimensionales Schnittbild in Echtzeit erzeugt. Dieses Schnittbild wird aus einzelnen Linien zusammengesetzt, wobei für jede Linie ein ausgesandter Strahl ausgesandt und reflektiert wird.

Je nach Eindringtiefe und Sondentyp können dabei nur wenige bis zu über hundert zweidimensionale Bilder pro Sekunde dargestellt werden.

M-Mode

Eine weitere häufig eingesetzte Darstellungsform ist der M- oder TM-Mode.

Dabei wird ein Strahl mit einer hohen Frequenz (1000-5000/s) eingesetzt. Die Amplitude des Signals wird auf der vertikalen Achse dargestellt, die Zeitabschnitte zwischen den hintereinander ankommenden Impulsen werden auf der horizontalen Achse dargestellt.

Mit der M-Mode lassen sich eindimensionale Bilder darstellen.

Ihre Hauptanwendung findet sie in der Kardiologie (Herzuntersuchung), um Bewegungen einzelner Herzmuskel und der Herzklappen festzustellen und genauer untersuchen zu können.

Mehrdimensionale Anwendung

Als weitere Anwendungsform der Sonographie wurde Anfang des 21. Jahrhunderts die dreidimensionale Echografie entwickelt. Der 3D-Ultraschall produziert räumliche Standbilder, und der 4D-Ultraschall lässt dreidimensionale Darstellung in Echtzeit zu.

Für ein dreidimensionales Bild wird zusätzlich zum Scan in einer Ebene ein Schwenk dieser Ebene vollzogen. Die zwei entstandenen Bilder werden gleichzeitig abgespeichert.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung einer zweidimensionalen Anordnung der Ultraschallwandler, bei der nicht mechanisch, sondern elektronisch der Strahl geschwenkt wird.

Die Daten, die dann ankommen, werden für von einem Rechner in eine 3D-Matrix eingetragen. Dadurch können die Darstellung und die Schnittebenen dann aus einem beliebigen Blickwinkel erzeugt werden.

Doppler-Verfahren

Die Aussagekraft der Sonografie kann durch die Anwendung des Dopplereffekts erheblich verbessert werden.

Man unterscheidet eindimensionale von zweidimensionalen, farbkodierten Anwendungen (dann auch Farbdoppler oder F-Mode genannt).

Prinzip

Der Dopplereffekt tritt immer dann auf, wenn Sender und Empfänger einer Welle sich relativ zueinander bewegen.

Z.B. zur Bestimmung der Blutflussgeschwindigkeit in den Blutgefäßen oder im Herzen nimmt man das von den Blutkörperchen reflektierte Echo wahr.

Das reflektierte Signal ist im Vergleich zur vom Schallkopf ausgesandten Frequenz um eine bestimmte Frequenz verschoben: Die *Dopplerfrequenz*.

Vom Schallkopf, geht eine Welle mit einer bestimmten Frequenz f aus; ein sich bewegendes Teilchen mit der Flussgeschwindigkeit v reflektiert den Schall mit der Frequenzverschiebung x .

Durch diese Frequenzverschiebung x lässt sich die Flussrichtung rekonstruieren.

Mithilfe dieses Verfahrens kann man den Herzschlag eines Ungeborenen ab der zwölften Schwangerschaftswoche hörbar machen, da das Blut dann mit einer für uns hörbaren Flussgeschwindigkeit fließt.

Wir nehmen übrigens alle Frequenzen zwischen 50 Hz und 15 kHz wahr.

Anwendung

Dopplerverfahren werden zur Bestimmung von Blutfluss-Geschwindigkeiten, zur Entdeckung und Beurteilung von Herz(klappen)fehlern, Verengungen, etc. benutzt.

Als spezielle Anwendung etabliert sich derzeit (2004) der [Gewebedoppler](#) (TDI), bei dem nicht die Blutflussgeschwindigkeiten, sondern die Gewebeverschiebungen gemessen und dargestellt werden. Gegenüber den herkömmlichen Dopplerverfahren treten wesentlich geringere Frequenzverschiebungen auf, und daher erfordert diese Untersuchungsmethode besondere Gerätemodifikationen.

Weitere Techniken

Außerdem wurden noch viele weitere Techniken wie, z.B. die digitale Schallwellencodierung, dem amplituden-codierten Dopplerverfahren, der kontaktmittelverstärkte Ultraschall, etc.

Wann wird die Untersuchung durchgeführt?

Die Ultraschall-Untersuchung wird zur erstmaligen Diagnose und zur Verlaufskontrolle von Erkrankungen in vielen Bereichen eingesetzt:

Die Abdomen-Sonographie ist die Ultraschall-Untersuchung des Bauchrahmens. Sie wird vor Allem bei der Leber, Gallenblase, Milz, Bauchspeicheldrüse, Nieren, Lymphknoten und Gefäßen angewandt. Erkrankungen dieser Strukturen wie z.B. Tumore, Zysten, etc. lassen sich mithilfe dieses Verfahrens sichtbar machen.

Die Echokardiographie ist die Ultraschall-Untersuchung des Herzens

Die Untersuchung von Gefäßen, wie beispielsweise der Beine oder im Halsbereich, dient der Diagnose von Gefäßverengungen oder -verschlüssen

Die gynäkologische Ultraschall-Untersuchung zeigt Gebärmutter, Eileiter und Eierstöcke sowie Veränderungen in diesen Bereichen. Auch die Entwicklung einer Schwangerschaft kann mittels Ultraschall überwacht werden;

Das Ultraschallverfahren wird aber auch von Augenärzten, HNO-Ärzten, Urologen und Orthopäden angewendet.

Es ist eine schnell durchzuführende, risikolose und kostengünstige Diagnose-Methode. Zudem sind die meisten Ultraschallgeräte leicht zu transportieren, wodurch sie der Arzt auch direkt am Krankenbett einsetzen kann.

Mögliche Komplikationen

Die Ultraschall-Untersuchung ist praktisch risikolos, weil dabei keine gefährlichen Strahlen ausgesendet werden. Auch die Untersuchung von Schwangeren ist daher möglich.

Alternative Untersuchungen

Mit Hilfe der Computer-Tomographie oder Kernspin-Tomographie können ebenfalls alle Bereiche des Körpers untersucht werden.

Zugänglichkeit von Organen

Alle wasserhaltigen, blutreichen Organe sind für den Ultraschall gut untersuchbar. Schlecht untersuchbar sind alle gashaltigen Organe, zum Beispiel der Darm bei Blähungen, die Lunge und das Innere der Knochen.

Auch das Gehirn ist durch die Schädelknochen nur unzureichend zugänglich. Manche Organe sind im Normalzustand nur schwierig, im krankhaft vergrößerten Zustand dagegen ganz gut erkennbar (Blinddarm, Harnleiter, Nebennieren).

Gut untersuchbare Organe:

- Arterien am Bein, am Arm – größte Teil des Darms – Gallenblase – Halsschlagadern – Harnleiter – Haut – Herz – Leber – Lymphknoten – viele Muskeln – Nieren,

Bedingt zugänglich:

- Eierstöcke – Enddarm – Gebärmutter – Harnleiter – Nebenniere – Magen – Sehnen, etc.

Schlecht zu untersuchen:

- Gehirn – Inneres von Gelenken – Inneres von Knochen – Luftröhre – Lunge – Nerven – Rückenmark – Wirbelsäule,

Vor- und Nachteile

Vorteile

- Risikoarm
- Schmerzlos
- schnelle Durchführung
- Die Anschaffungs- und Betriebskosten sind im Vergleich zu anderen bildgebenden Verfahren gering
- umweltfreundlich

Nachteile

- Qualität der gewonnenen Bilder hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab
- schwierig zu erlernen; sehr kompliziert
- Echos verlieren sich auf weite Entfernungen → Fledermäuse können sich bei Nebel oder hoher Luftfeuchtigkeit nicht orientieren
- Ruf kostet viel Energie

<http://www.degum.de/>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Ultraschall>