

# HOGYAN MŰKÖDIK AZ ULTRAHANGKÉSZÜLÉK?

**Az ultrahang használata nem egy új keletű módszer az orvostudományban. Az első úttörők ezen a területen Theodore Dussik és testvére Friederich voltak. Természetesen az ultrahang tulajdonságainak vizsgálata, illetve a piezoelektromos jelenség felfedezése jó pár évtizeddel korábban nyúlik vissza, viszont először ők ketten jutottak el a diagnosztikus felhasználás gondolatáig az 1930-as évek végén. Céljuk a központi idegrendszer különböző struktúráinak vizsgálata, elsősorban az agytumrok diagnózisra volt. Ők ugyan nem értek el jó eredményeket vizsgálataikkal, de az elmúlt évtizedek kitartó munkájának köszönhetően sikerült elhárítani a technológiai akadályokat és az UH-vizsgálat mára nélkülözhetetlen eszközzé vált a klinikai gyakorlatban.**

**A** hang a mechanikai hullámok népes csoportjába tartozik, a hangforrásból indul és terjedéséhez szükség van egy rugalmas közegre (gáz, folyadék vagy szilárd anyag). A terjedési irány mentén sűrűség- és ennek megfelelően nyomásingadozások jön-

*Theodore Dussik és a mai ultrahangkészülékek elődje*

nek létre. Ellentétben az elektromágneses hullámokkal (látható fény, UV-sugárzás), nem terjed légüres térben. Sebessége nem állandó, a közvetítő közeg tulajdonságai határozzák meg (pl.: levegőben 330 m/s). Érvényes rá az általános hullámtani összefüggés: sebesség = frekvencia  $\times$  hullámhossz.

A hallható hang és az ultrahang fizikai szempontból azonos csoportba tartozó hullámjelenségek. A különbség köztük a frekvenciában van. Az emberi fül számára a 20 Hz és 20 kHz közötti tartomány érzékelhető (1 Hertz = 1 rezgés másodpercenként). A 20 kHz fölötti tartományt nevezzük ultrahangoknak. A képpalkotó készülékekben jellemzően 2 és 10 MHz közötti tartomány használatos. A hallható tarto-

mány másik végén, 20 Hz alatt infrahangokról beszélünk.

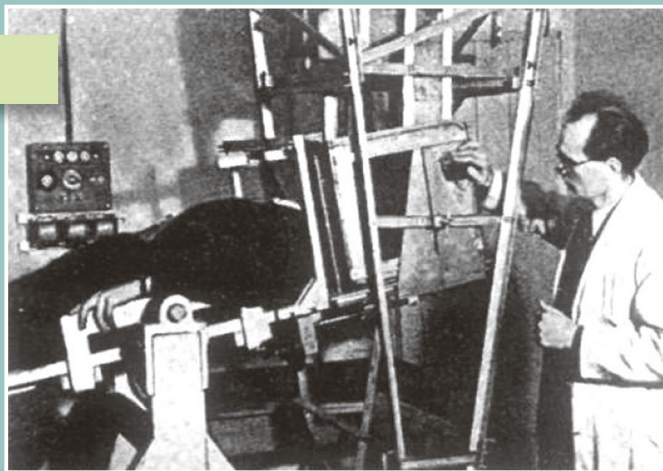
Az ultrahang előállítására és érzékelésére az úgynevezett piezoelektromos jelenséget használjuk föl. Egyes természetben előforduló kristályokból (például kvarcból) megfe-

lesik. Ha azonban egy ilyen anyagból készült lapot mechanikai erővel összenyomunk, a töltéshordozók egymáshoz viszonyított elmozdulásának következtében a töltések súlypontjai eltávolodnak egymástól. Ez a folyamat a direkt piezoelektromos hatás.

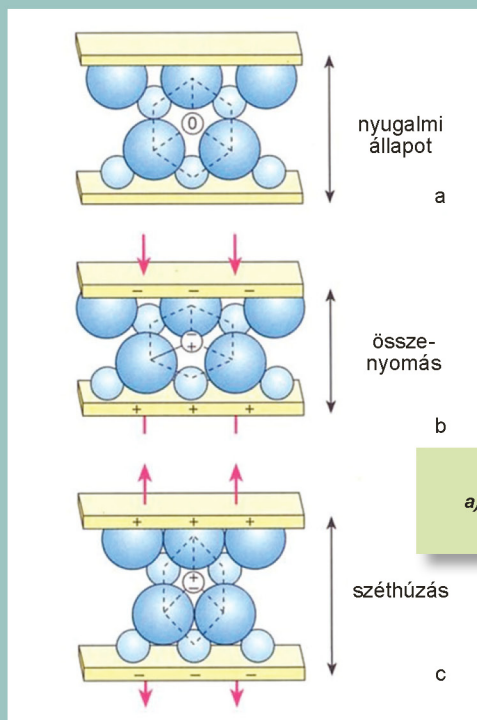
Fordított esetben, ha elektromos térben jön létre az alakváltozás, inverz piezoelektromos jelenségről beszélünk.

A különböző készülékek UH-forrása egy feszültségforrásból és egy úgynevezett transzducerből (más néven elektromechanikus rezgésatlakítóból vagy vizsgálófej-ből) áll. Az utóbbi tartalmazza a piezoelektromos jelenséget mutató lapkát, kiegészítve egy illesztőegységgel a kívánt sugár irányába, illetve egy tom-

pítóegységgel az ellentétes oldalon. A kristályt a feszültségforrásból származó kellően rövid impulzusokkal hozzuk rezgésbe. Ez a rezgés nyomáshullámokat kelt az emberi szövetekben. Az összetételétől függően a szövetek visszaverik a hullámokat a transzducer irányába, ahol rezgésbe hozzák a piezoelektromos lapkát, ezáltal egyszerűen feldolgozható feszültségjelet generálva. Így ugyan-



lelően kimetszett darabok tulajdonsága, hogy elektromos térben alakjuk megváltozik, illetve alakjuk változása töltésszétválást eredményez a felületükön. Ennek az az oka, hogy ezen anyagokat szabályos, kristályos szerkezetbe rendezett pozitív és negatív töltésű részecskéik építik fel. Tovább elemezve azt látjuk, hogy a kiinduló helyzetben a pozitív és a negatív töltések súlypontja egy helyre



**Piezelektromos kristály**  
 a) nyugalmi helyzet; b) nyomás hatása;  
 c) feszültség hatása

átvezetik a hangot, echószegények (echó = visszhang), míg például a csont visszaveri azt, más szóval echódús. Az ultrahangkép lényegében a szervezet belsejéből származó hangreflexiót megjelenítő visszhangkép. A hang erőssége mellett a hangkibocsátás és a visszhang között eltelt idő is pontosan mérhető, és a forrás és a képlet távolsága is ábrázolható. Ez teszi lehetővé a képalkotást a vizsgálat során. Ahhoz, hogy a hanghullám

visszaverődjön, a vizsgált objektum mérete meg kell, hogy haladjon az alkalmazott hullámhosszra, ami néhány tized milliméter a leggyakrabban alkalmazott UH-tartományban. A

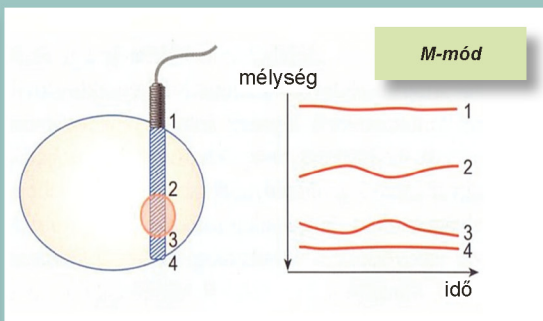
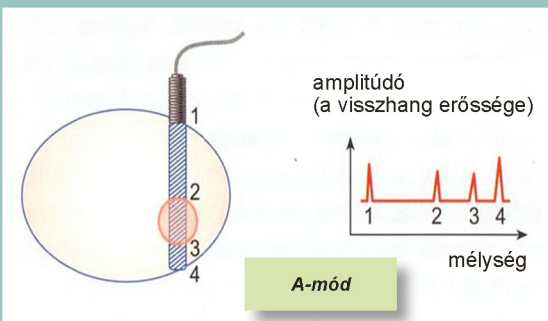
A különböző klinikai igényekhez igazodva számos UH-vizsgálómódszer áll az orvosok rendelkezésére.

Az **A-mód (amplitúdó)** egy egészen vékony UH-nyalábot használó módszer. A különböző határfelületeken visszaverődő hang erőssége jelenik meg a mélységtől függően a kijelzőn. Egyszerű, de nagyon pontos távolságmérést tesz lehetővé. Elsősorban a szemészetben használják.

Az **M-mód (motion)** szintén egy vékony nyalábot használ, de az előzővel ellentétben nem csak pillanatnyi képet jelenít meg. Itt lemondunk a hang erősségének ábrázolásáról. Egy visszhang egy pontként jelenik meg a mélységnek megfelelően. A cél itt a felületek elmozdulásának ábrázolása. Legszívesebben a kardiológusok alkalmazzák a szívfal és a billentyűk mozgásának elemzésére.

A **B-mód (brightness)** a legszélesebb körben használt és legmodernebb módszer. Nagyszámú piezelektromos hullám-

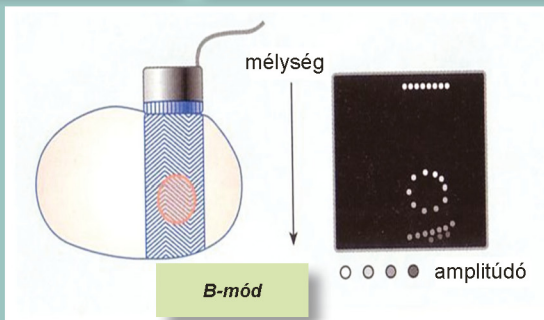
forrásból párhuzamosan több ultrahangnyaláb indul, tapogat le egy metszetet, és ezt 2D kép formájában ábrázolja. Az echó erőssége a fénypontok intenzitásával arányos. A gyors, egymás utáni képfrissítés (legalább 14 kép/s) mozgóképszerű megjelenítésével gyakorlatilag valós idejű leképezést kapunk az adott metszetről.



azon egység szolgál energiaforrásként és detektorként. A vizsgálófej a rezgéseket többnyire igen rövid ideig tartó csomagokban, impulzusokban bocsátja ki, majd az impulzusok szünetében fogja fel a visszaverődő hullámokat.

A modernebb eszközökben a természetes anyagokat felváltották a szintetikus, magas hőmérsékleten és erős elektromágneses térbe előállított kerámiák, mint például a PZT (ólom-cirkonát-titanát).

A hang terjedése a különböző szövetekben a molekulák különböző térbeli eloszlása miatt más és más. Tiszta folyadékok teljes mértékben



hullámhossz csökkentésével növelhető a felbontás, de ezzel párhuzamosan a hullámok áthatolóképesége is csökken. Ennek megfelelően kis méretű, de felszínes területek vizsgálatára (mint például a pajzsmirigy) nagy frekvenciájú, míg fordított esetben (például hasi szervek) nagy hullámhosszú UH használatos.

De mire is jó mindez? Az UH-diagnosztika a XXI. század orvoslásának elengedhetetlen eszköze. Más kórházi felszerelésekhez képest apró készülék a betegágy mellett is alkalmazható. Egy-egy vizsgálat kockázata elenyésző, emiatt gyakorlatilag korlátlan számban megismételhető. Vannak azonban korlátozó tényezők is, és a pontosságát a vizsgáló személy gyakorlottsága is befolyásolhatja.

Mindezeket figyelembe véve az UH-módszer használata egyértelműen bizonyítja, hogy a mai modern orvostudomány megszületésében és jelenleg is tartó rohamos fejlődésében milyen fontos szerepet töltenek be a fizikai és mérnöki ismeretek.

**KISS TAMÁS**