

◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

A sugárzások orvosi alkalmazásai

A sugárzásokat többféle szempont alapján csoportosíthatjuk. A sugárzás egyrészt lehet mechanikai hullám, elektromágneses hullám vagy részecskesugárzás. Másrészt osztályozhatjuk őket aszerint is, hogy a sugárzás ionizálja-e azt az anyagot, amelyen áthalad. Az alábbi táblázatban ezeknek a csoportosításoknak megfelelően tüntettük fel a különféle sugárzásokat.

	Nem ionizáló sugárzások	Ionizáló sugárzások
Mechanikai hullámok	<ul style="list-style-type: none"> • infrahang • hang • ultrahang 	
Elektromágneses hullámok	<ul style="list-style-type: none"> • rádióhullámok • mikrohullámok • infravörös sugárzás • látható fény 	<ul style="list-style-type: none"> • ultraibolya sugárzás • röntgensugárzás • γ-sugárzás
Részecskesugárzások		<ul style="list-style-type: none"> • elektronsugárzás • protonszugárzás • neutronsugárzás • α-sugarak • nehézion-sugárzás

A korábbi fejezetekben már szó volt róla, hogy a különféle sugárzásokat orvosi célokra is fel lehet használni. A táblázatban *pirossal* jelölt sugárzásokat az orvosi gyakorlatban is rendszeresen alkalmazzák. Ebben a fejezetben kiegészítjük és rendszerezzük az ezekre vonatkozó ismereteket.

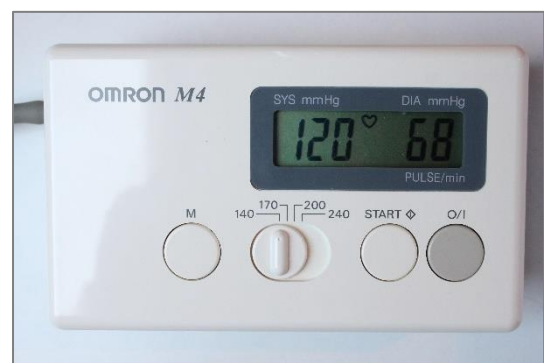
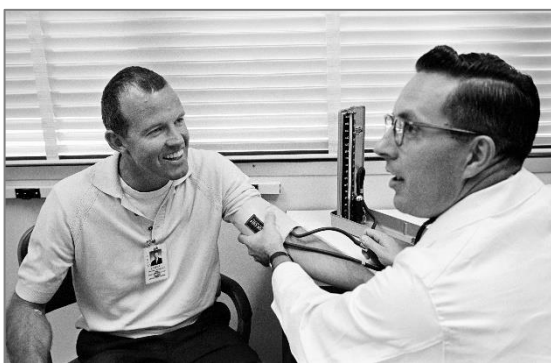
A sugárzások orvosi célú használatának két fő területe van: Egyrészt a sugárzásokkal különféle *vizsgálatok* végezhetőek, amelyek segíthetnek a pontos diagnózis felállításában, másrészt *gyógyító (terápiás) beavatkozások* céljára is alkalmazhatóak. Vannak sugárzások, melyek mindkét feladatra használhatóak. Például a röntgensugárzást a felfedezése óta használják vizsgálati célokra, de használható például a daganatos sejtek elpusztítására, azaz gyógyításra is.

Sugárzások használata vizsgálati célokra

1. Az emberi testben keletkező *hangokat* régóta használják vizsgálati (diagnosztikus) célokra. A *légzés* során áramló levegő a légzőrendszer különböző helyein, a *szívverés* a mellkasban és az erekben különféle hangokat (hangsugárzást) kelt. Ezeket a hangokat az orvos általában *sztetoszkóppal* meghallgatja, és a hangokból következtetni tud az adott szerv működésére, illetve kóros elváltozásaira. A sztetoszkóp csövében a hanghullámok a *teljes visszaverődés* miatt gyakorlatilag gyengítés nélkül jutnak el az orvos füléhez.



*Vérnyomásmérés*kor először egy levegővel felfújható gumipárnával (mandzsettával) a verőeret (artériát) a felkarcsonhoz szorítva megállítják a vérkeringést a karban. Ezután a nyomást lassan csökkentve az orvos, illetve az automata digitális vérnyomásmérőbe szerelt mikrofon a *véráramlás hangjait* figyeli. Ezen hangok alapján az orvos, illetve a digitális vérnyomásmérőbe épített célszámítógép meghatározza, hogy mekkora nyomásnál indul meg rövid időközökre a véráram a verőerekben (szisztolés nyomás), illetve mekkora nyomásnál válik hangtalanná a vér áramlása (diasztolés nyomás). (A vérnyomásmérés közben hallható hangokat bemutató videó itt érhető el: <https://www.youtube.com/watch?v=VJrLHePNDQ4>.)



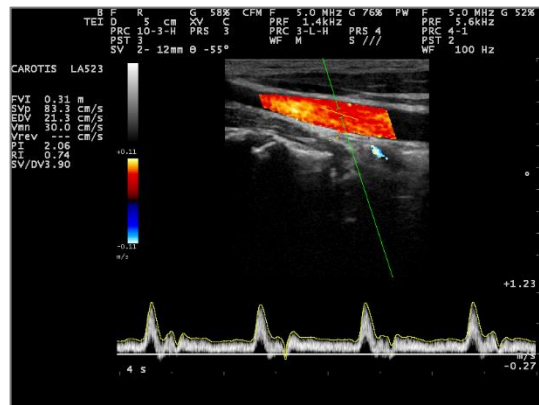
Az orvosi leleteken ezt a két nyomásadatot tüntetik fel vérnyomásként (pl. a fenti fényképen 120/68 mmHg). A szisztolés nyomás (120 mmHg) azt jelenti, hogy a szív összehúzódáskor ekkora nyomással juttatja a vért a szervezetbe. A diasztolés nyomás (68 mmHg) pedig azt adja meg, hogy mekkora a vér nyomása a szív elernyed állapotában. Mindkét érték túlnyomás a levegő kb. 760 mmHg nyomásához képest.

2. A *Hangtan, infrahang, ultrahang* című

fejezetben már láttuk, hogy az *ultrahangokat* az emberi testben a különféle szervek, vagy azokban kialakult elváltozások (daganatok, vesekő stb.) visszaverik. Az ultrahangkészülék vizsgálófeje által előállított ultrahang a visszaverődés után az ugyanebbe a vizsgálófejbe épített, sok érzékelőből álló vevőegységbe jut. Az érzékelők által vett jelek számítógépes feldolgozásával képzhető létre a vizsgált területről. Az ultrahangos vizsgálatokkal így a szervek kóros elváltozásai műtét nélkül felismerhetők, illetve a magzatok még a méhen belül megvizsgálhatók.



A vérben áramló vörös- és fehérvérsejtekről, valamint a vérlemezkékről visszaverődő ultrahangok frekvenciája a *Doppler-hatás* miatt megváltozik. Ezt felhasználva olyan ultrahangos vizsgálóeszközöket is kifejlesztettek, amelyek képesek az erekben belül áramló *vér sebességét* megmérni, illetve az ultrahangos felvételen *sebességtől függő színekkel* jelölni az áramló vért. Így felismerhető az érszűkület (nagyobb sebesség), illetve az aneurizmának nevezett értágulat (kisebb sebesség). (A képen egy páciens nyaki verőérének Doppler-ultrahangos felvétele látható. Megfigyelhető, hogy a folytonossági egyenlettel összhangban az ér bal oldali, szűkebb részén nagyobb az áramlás sebessége.)



Doppler-ultrahangvizsgálattal a *magzat szíve* még születése előtt megvizsgálható. Az ultrahangok frekvenciája a magzat lüktető szívéről visszaverődve a Doppler-hatás miatt megváltozik. Ennek alapján eldönthető, hogy születés után a magzat szíve képes-e ellátni feladatát, vagy segítségre, műtetre lesz szükség. Ennek ismeretében az orvosok időben felkészülhetnek a szükséges beavatkozásra. (Hasonló vizsgálat röntgensugarakkal nem végezhető, mert az károsíthatná a magzatot.)

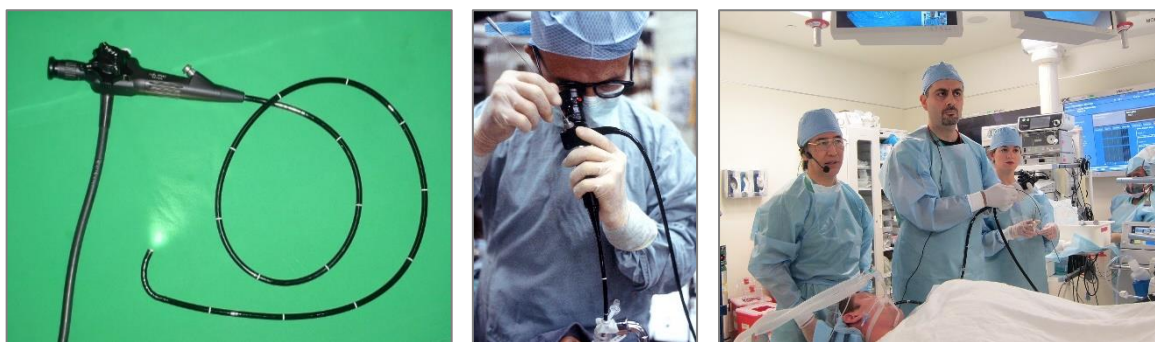
3. A test által kibocsátott *infravörös sugárzás* (hősugárzás) erőssége és spektrális összetétele függ a test hőmérsékletétől. A *digitális infravörös hőmérő* érzékelője (szenzora) a sugárzástól függő elektromos jelet hoz létre, ezt a hőmérőbe szerelt célszámítógép feldolgozza, és digitális kijelzőjén megjeleníti a mért hőmérsékletet. Az ilyen elven működő hőmérők előnye, hogy a mérés *érintés nélkül* és *gyorsan* elvégezhető. Az egészségügyben történő alkalmazásakor tehát nem kell a hőmérőt minden páciens után fertőtleníteni, és méréskor nem kell várni néhány percet, amíg a hőmérő felveszi a páciens hőmérsékletét.



4. Az *infravörös* és a *látható fénynek* az elnyelődése alapján működik a *pulzoximéter*, amellyel megmérhető, hogy a vérben található hemoglobin hány százalékára szállít oxigént. (Ezt az adatot *oxigénszaturációnak* nevezik.) A pulzoximéter működése azon alapul, hogy az *oxigént szállító*, illetve az *oxigént nem szállító* hemoglobin eltérő mértékben nyeli el a fényt, továbbá az elnyelés mértéke függ a fény hullámhosszától. A kéz egyik ujjára csíptethető pulzoximéter vörös és infravörös fénnel világítja át a páciens ujját, és megméri, hogy milyen arányban nyelődik el a kétféle sugár. Ezekből az adatokból meghatározható, hogy a hemoglobin hány százaléka szállít oxigént, azaz mekkora az oxigénszaturáció. A mérést a pulzoximéterbe épített célszámítógép másodpercenként többször is elvégzi. Mivel a szívverés miatt az átjutó fény mennyisége periodikusan változik, a műszer a *szívverés frekvenciáját* (pulzus) is meg tudja határozni.



5. A *látható fényt* használja az orvos, ha a páciens testén látható elváltozásokat (kiütés, szemölcs, anyajegy, sérülés stb.) megnézi. A belső szervek (gyomor, bélrendszer, tüdő, szív, vastagabb erek) nagyobb műtét nélküli, belső megtekintésére gyakran használnak *endoszkópot*. (Az endo- görög eredetű, jelentése belső-. A -szkóp a szkopein szóból származik, ennek jelentése nézni, megfigyelni.) Az endoszkóp fő alkotóeleme *A teljes fényvisszaverődés* című fejezetben már megismert *száloptika*, amely hajlékony kötegbe rendezett fényvezető szálakból áll. A kötegben egy négyzetmilliméteren akár 400 szál is lehet. A köteg két végén a szálak elrendezése azonos, ezért a száloptika pontonkénti képátvitelre is alkalmas. Az endoszkópok gyakran tartalmaznak olyan kiegészítő elemeket, amelyekkel kisebb beavatkozások is elvégezhetők (mintavétel, apróbb szövetrészek eltávolítása stb.).

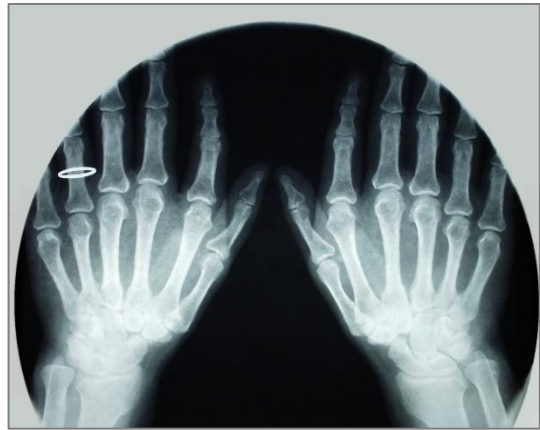


6. A *röntgensugárzás* című fejezetben már láttuk, hogy a röntgensugárzás áthatolóképessége függ az elnyelő anyagban található atomok relatív atomtömegétől: *a nagyobb atomtömegű atomok jobban elnyelik a sugárzást*. Az élő szervezetek elsősorban szén-, hidrogén-, oxigén-, nitrogénatomokat tartalmaznak, a csontokban ezen kívül kalcium található. Ezen anyagok relatív atomtömegei kerekítve a következők:

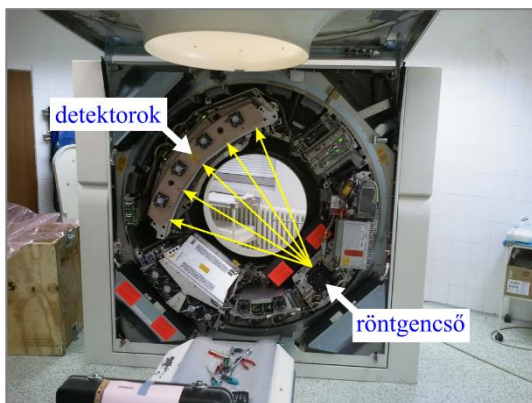
Anyag	szén	hidrogén	oxigén	nitrogén	kalcium
A (1)	12	1	16	14	40

A kalciumtartalmú csontok ezért jobban elnyelik a röntgensugarakat, mint a lágy szövetek, így a röntgenfelvételeken a csontok jól megkülönböztethető árnyékot hoznak létre.

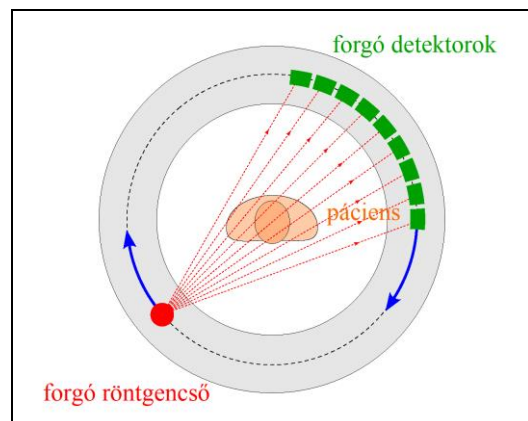
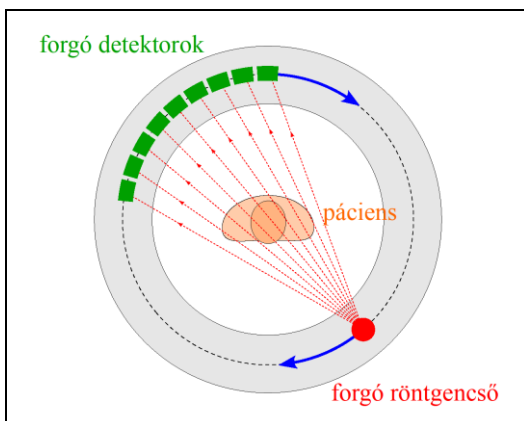
Emiatt a röntgensugárzást a felfedezésétől kezdve használják orvosi vizsgálatokra. (A képen egy olyan személy röntgenfelvétele látható, akinek mindkét kezén *hat ujj* volt. A felvételen az is megfigyelhető, hogy a páciens aranygyűrűje a csontoknál is jobban elnyeli a röntgensugarakat, mert az *arany* relatív atomtömege nagyobb, mint a kalciumé.)



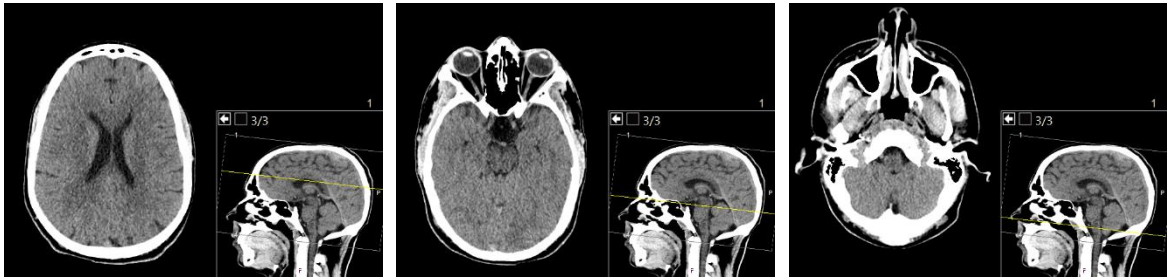
7. A *komputertomográf* (az angol *Computed Tomograph* alapján: CT) működése szintén a röntgensugárzáson alapul. A röntgensugarat előállító röntgenső és a sugarakat felfogó érzékelősor (detektorsor) egymással szemben úgy helyezkedik el, hogy közrefogják a páciens testét. A röntgenforrásból kiinduló sugarak a páciens testén áthaladva kisebb-nagyobb mértékben gyengülnek, és a detektorok a beérkező sugaraknak megfelelő jeleket küldenek a CT számítógépnek.



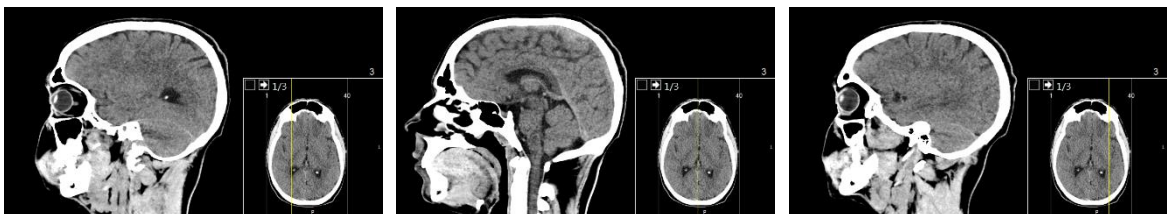
A röntgenső és a detektorsor azonban egy körpályán folyamatosan körbefordul a páciens körül. Eközben újabb-és újabb felvételeket készít róla, és az így kapott adatokat is folyamatosan elküldi a számítógépnek.



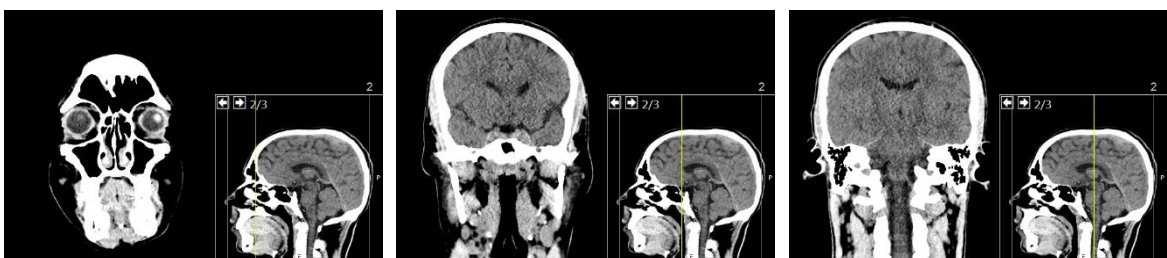
A számítógép az így kapott adatokból meghatározza, hogy a test egyes pontjai milyen mértékben nyelték el a sugárzást, és ennek alapján egy képet készít a páciens testének arról a síkmetszetéről, amely a detektorsor és a röntgenső körpályájának síkjában van. Ezután a páciens a körpályára merőlegesen kissé eltolják, és így testének egy újabb szeletéről is felvételt készítenek. Ezt az eljárást ismételve egy olyan felvételesorozathoz jutnak, amely a vizsgált testrészt (de akár a teljes testet is) rétegfelvételek sorozataként ábrázolja.



Egy-egy réteg mérési eredményeit (az elnyelőképeség mértékét) logikailag egy kétdimenziós táblázatban lehet tárolni, így az egymással párhuzamos rétegek adataiból logikailag egy háromdimenziós tömb (mátrix) építhető fel. Ebből a tömbből azonban az eredeti síkokra merőleges síkok mentén is kiolvashatók az adatok, így az adott testrész képei két másik irányból is megnézhetők. A fenti három kép a gerincre merőleges (horizontális) síkokban ábrázolja a koponyát, ezekben a síkokban készültek a rétegfelvételek. A következő három kép ugyanezen adattömb alapján készült, de ezek a test szimmetriasíkjával párhuzamos helyzetű (nyílrányú) síkokban mutatják a koponyát.



Ugyanebből az adattömbből készült a következő három kép is, melyek a testet első és hátsó részre osztó síkkal párhuzamos (koronális) síkokban ábrázolják a koponyát.



A teljes képsorozat (mindhárom nézetben) a *WikimediaCommons*-ban itt található: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Scrollable_computed_tomography_images_of_a_normal_brain_\(case_1\)](https://commons.wikimedia.org/wiki/Scrollable_computed_tomography_images_of_a_normal_brain_(case_1))

8. A rádióhullámokat az MRI (Magnetic Resonance Imaging = mágneses rezonancia képalkotás) vizsgálatok során használják. Ennek során a páciens úgy helyezik el, hogy a vizsgált testrész egy erős (szupravezető) mágneses térbe kerüljön. Ennek hatására a testben lévő hidrogénatomok magjai (apró iránytűkhöz hasonlóan) beállnak a mágneses indukcióvektor irányába. Ezután tekercsek által kibocsátott rádióhullámokkal a testben lévő (hidrogén)atomok magjait rezonanciára készítetik.

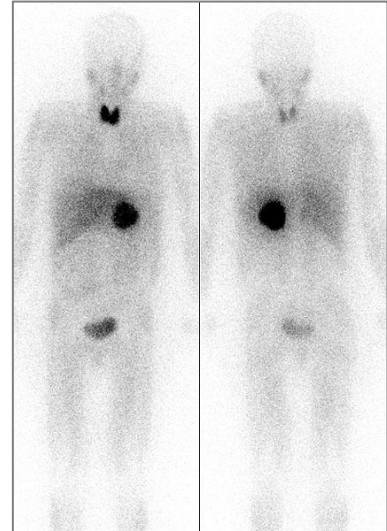


A gerjesztést kikapcsolva az atommagok rezgése fokozatosan megszűnik és az atommagok újra beállnak a mágneses indukcióvektor irányába, de közben csillapodó rádiófrekvenciás hullámokat sugároznak. Ezek a rádióhullámok az érzékelőtekercsben nagyfrekvenciás csillapodó rezgéseket keltenek, amelyeket egy számítógépes rendszer feldolgoz. E rezgések jellemzői (frekvencia, csillapodás mértéke) függ attól, hogy az adott atom milyen más atomok környezetében van, így következtetni lehet az adott pont anyagi környezetére. A számítógép meghatározza azt is, hogy az adott hullám a testrész melyik pontjáról érkezett, így az MRI készülék a komputertomográfhoz hasonlóan egy háromdimenziós tömbben tárolt képsorozatot készít a vizsgált testrészeiről. Az MRI előnye a CT-vel szemben, hogy nem röntgensugárzást, hanem rádióhullámokat használ, így a röntgensugárzás rákkeltő hatása teljes mértékben kiküszöbölhető. További előny, hogy a lágy szövetekről is részletgazdag kép készíthető vele.



9. A *radioaktív izotópokat* kis mennyiségben a szervezetbe juttatva azok gyakran egy adott szervben vagy a test bizonyos helyein (pl. daganatokban) halmozódnak fel. Például a jód a pajzsmirigyben halmozódik fel, így a páciens szervezetébe nagyon kis mennyiségű radioaktív jód-123 izotópot juttatva, a felhalmozódott jód γ -sugárzása megmérhető, illetve gamma-kamerával kép alkotható a pajzsmirigyről. Ennek alapján az orvosok következtethetnek a pajzsmirigy állapotára és működésére. (A vizsgálathoz használt jód-123 izotóp felezési ideje 13,2 óra, és a leányelem stabil így a sugárzás viszonylag hamar megszűnik a szervezetben.) Más radioaktív izotópokkal más szervek (tüdő, csontok, agy stb.) működése is vizsgálható.

A képen egy beteg gammakamerával készített felvétele látható, mely a jód-123 izotóp vénás bevitele után 24 órával készült. A jód a fiziológiai folyamatoknak megfelelően a pajzsmirigyben, a májban és a hólyagban halmozódott fel, de a bal oldali mellékvese daganatában is jelentős mennyiségben gyűlt össze. A bal oldali felvétel előlről, a jobb oldali hátulról készült.



Sugárzások használata gyógyítási (terápiás) célokra

1. A *Hangtan, infrahang, ultrahang* című fejezetben láttuk, hogy a rezgő testek gyorsulásának legnagyobb értéke $a = \omega^2 \cdot A$. Mivel az *ultrahangok* frekvenciája (és körfrekvenciája) nagyon magas, ezért még a kis amplitúdójú ultrahangok is nagy gyorsulást okoznak. A nagy gyorsulások következtében a közeg egyes részecskéire rendkívül nagy erők hatnak. Emiatt az emberi szervezetben képződött kövek (*epekövek, vesekövek*) a szervezeten kívül létrehozott, és megfelelően fókuszált *ultrahanghullámokkal* szétzúzhatók.
2. Az *infravörös fényt* kibocsátó lézereket sebészeti célokra is használják. Előnyük, hogy a lézeres vágáskor az elnyelődés okozta felmelegedés segít a vérzés csillapításában. Az infravörös lézerekkel végeznek bőrgyógyászati, plasztikai sebészeti, fogászati, szájsebészeti, fül-orr-gégészeti, nőgyógyászati, ortopédiai műtéteket is.
3. A szem ideghártyájának (retina) kóros leválását és az így kialakuló teljes vakságot azzal lehet meggátolni, hogy az ideghártya szélén hegesedést hoznak létre úgy, hogy az ott

található szövetek hőmérsékletét 20–30 °C-kal megnövelik. Az ennek következtében kialakuló hegek rögzítik az ideghártyát az alatta lévő szövetekhez. Az első ilyen műtétet *látható fényel* (fókuszált napfényel) végezték, később speciális kisülési csővel (xenonlámpával) működő berendezéseket használtak, ma pedig lézerekkel végzik az ilyen beavatkozásokat.

4. Az *ultraibolya sugárzás* című fejezetben láttuk, hogy a rövidebb hullámhosszú ultraibolya sugárzással kórtermekeket, műtöket, laboratóriumokat lehet fertőtleníteni.

5. Az újszülötteknél, különösen a *koraszülötteknél* gyakran jelentkező probléma, hogy májuk még nem képes a szervezetben keletkező bilirubin lebontására, így az felhalmozódik a bőrükben, és sárgás bőrszín okoz (sárgaság). Ennek kezelésére úgynevezett *kékfény-terápiát* alkalmaznak. Ennek során a babát *ultraibolya fényel* világítják meg. Ez elősegíti, hogy a bőrben felhalmozódott bilirubin vízben oldódó formába alakuljon át, ezáltal pedig könnyen kiürülhessen a széklettel és a vizelettel a szervezetből.



6. Az *ultraibolya lézerek* sebészeti célokra használhatók. A kis területre fókuszált ultraibolya fény a biológiai szövetekben rövid távolságon belül elnyelődik, így csak a kívánt helyen okoz gyors felmelegedést. Ennek hatására az adott szövet *elpárolog*. Ilyen lézeres műtéti eljárással elsősorban *szemészeti* és *bőrgyógyászati* beavatkozások végezhetők. A képen egy lézeres szemműtét látható.



7. A *sugárterápiás eljárások* során valamilyen ionizáló sugárzás (*röntgensugárzás, γ -sugárzás, elektronsugárzás, protonsugárzás, α -sugárzás nehézion-sugárzás*) segítségével elpusztítják a daganatos sejteket. Ezen sugárzások részecskéi ugyanis elegendő energiával rendelkeznek ahhoz, hogy az éppen osztódó sejtekben lévő DNS-láncokat eltörjék. (A röntgen- és γ -sugárzás fotonjainak energiája az $E = h \cdot f$ összefüggésnek megfelelően a nagy frekvencia miatt, az elektronok, a protonok és a

nehézionok energiája pedig a nagy tömegük miatt elegendően nagy ehhez.) A DNS széttörése megakadályozza a sejt további osztódását, és a daganatsejt elpusztul.

A folyamatban lényeges, hogy ezek a sugárzások az éppen nem osztódó sejtek kettős DNS-spirálját gyakorlatilag nem tudják feltörni. A sejtosztódás közben azonban a DNS két szárra bomlik, és ezek a felbomlott szálak sérülékenyebbek, így a sugárzások valójában az osztódó sejtek DNS állományát károsítják. Mivel *a daganatos sejtek osztódása sokkal sűrűbben* következik be, mint az egészséges sejtek osztódása, a *sugárterápia* ezért elsősorban a daganatos sejteket pusztítja el.

Természetesen egészséges sejtek is károsodnak, de megfelelő módszerekkel ezeket a káros hatásokat csökkenteni lehet. Az egyik ilyen módszer, hogy a test sugárkezelésben részesülő részét, *a céltérfogatot több irányból sugározzák be*. Így a környező szövetek jóval kisebb sugárdózist kapnak, mint a céltérfogat. Ennek egyik módja, hogy a sugárforrást mozgatják (körbeforgatják) a daganat körül. A korszerűbb eszközökben eközben a sugárzás erősségét és a sugárnyaláb keresztmetszetét is módosítják. Ezzel csökkenteni lehet a sugárzástól megvédendő szervek sugárterhelését.

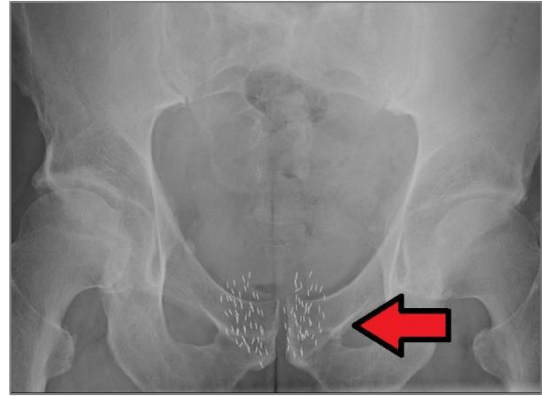


Másik eljárás, hogy a daganat elpusztításához *szükséges dózist nem egyszerre, hanem időben szétosztva* (frakcionálva) több nap, akár több hét alatt kapja meg a céltérfogat. A sugárzás miatt károsodott (de nem elhalt) egészséges sejtek egyrészt képesek regenerálódni, a daganatsejtek azonban nem, másrészt az egészséges szövetek gyorsabban pótolják az elhalt sejteket, mint a daganatos sejtek. Mindezek azt eredményezik, hogy a két besugárzás között az egészséges szövetek gyorsabban regenerálódnak, mint a daganat. A frakcionált besugárzás hatására így a daganat elpusztul, miközben az egészséges szövetek regenerálódnak.

További módszer, hogy különféle eljárásokkal (pl. gyógyszerekkel, az adott terület felmelegítésével stb.) *növelik a rákos sejtek, illetve csökkentik az egészséges sejtek sugárérzékenységét*.

A megfelelő *sugárzás*, illetve *sugárforrás kiválasztása* szintén védelmet jelenthet. Például a pajzsmirigy daganatok műtéti eltávolítása után gyakran jód-131 kezelést alkalmaznak. Ez az izotóp nyolc napos felezési idejű, és viszonylag erős β -sugárzást bocsát ki, mely 0,6–2,0 mm mélyre hatol az elnyelő anyagban. Mivel a jód elsősorban a pajzsmirigyben (illetve annak műtét után visszamaradt részeiben) halmozódik fel, a sugárzást is ott bocsátja ki. Így a kis áthatolóképességű sugárzás gyakorlatilag csak az elpusztítandó daganatos sejtekre hat, a távolabbi, egészséges szerveket (például a légcsövet, nyelőcsövet) nem károsítja.

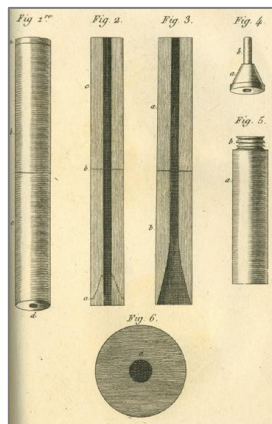
Ugyanígy a prosztatába véglegesen elhelyezett, apró titán tűkbe zárt jód-125 izotóp γ -sugárzása sem károsítja a környező szerveket, sőt a prosztatán áthaladó húgycsövet sem, mert a sugárzás kis távolságon belül elnyelődik a szövetekben. Hogy a teljes prosztatát be lehessen sugározni, több (akár 70–80) ilyen sugárforrást is elhelyeznek benne. (Ennek az izotópnak a felezési ideje 59 nap, így egy év után a sugárforrás erőssége már csak a kezdeti érték 1,4%-a, a titán pedig szövetbarát, nem korrodáló fém, ezért ezeket a sugárforrásokat később nem kell a szervezetből műtéttel eltávolítani.)



Kiegészítések

1. A sztetoszkópban azért jön létre *teljes visszaverődés*, mert a hanghullámok a cső falát alkotó gumiban nagyobb sebességgel (1800 m/s) terjednek, mint a levegőben (340 m/s). Más anyagú csöveknél is hasonló a helyzet, a szilárd anyagokban a hangsebesség nagyobb, mint levegőben. (Pl. lágy PVC-ben 800 m/s, polietilénben 1900 m/s, polisztirolban 2400 m/s.) Mivel a sztetoszkóp csövének belső falához érkező *hanghullámok beesési szöge elég nagy*, és a cső anyaga *akusztikailag ritkább*, mint a levegő, ezért a cső belső falánál teljes visszaverődés jön létre.
2. A sztetoszkópot *René Laennec* (1781–1826) francia orvos találta fel 1816-ban. Ez az eszköz kezdetben egy fából készült cső volt, amelynek vége tölcészerűen kiszélesedett. Az eszközt és a vele való vizsgálatokat a *De l'auscultation médiate...* című,

1819-ben megjelent könyvében ismertette. A sztetoszkóp mai, hajlékony csövekkel és két hallgatóval ellátott változatát *Arthur Leared* (1822 – 1879) ír orvos fejlesztette ki 1851-ben.



3. Az első vérnyomásmérőt (1837–1905) osztrák orvos fejlesztette ki 1881-ben. Ezzel még csak a szisztolés nyomást lehetett megmérni. Basch vizsgálatai során megállapította, hogy az egészséges ember (szisztolés) vérnyomása 135 és 165 mmHg között van. A levegővel felfújható mandzsettát és az azzal történő vérnyomásmérési eljárást *Scipione Riva-Rocci* (1863–1937) olasz orvos dolgozta ki. A diasztolés vérnyomás mérésére alkalmas módszert *Nyikolaj Szergejevics Korotkov* (1874–1920) orosz orvos fejlesztette ki 1905-ben.
4. A CT működésének matematikai alapjait *Allan McLeod Cormack* (1924–1998) dél-afrikai/amerikai fizikus dolgozta ki, de az erről szóló, 1963-ban és 1964-ben megjelent tudományos cikkei nem keltettek érdeklődést. Az első komputertomográfot *Godfrey Hounsfield* (1919–2004) brit villamosmérnök és kollégái 1971-ben építették meg. Ez az eszköz még csak a koponya vizsgálatára volt alkalmas. Az első olyan tomográfot, amellyel a teljes emberi test szkennelésére is alkalmas volt, 1975-ben építette meg Hounsfield. Cormack és Hounsfield 1979-ben *orvosi Nobel-díjat* kaptak a CT kifejlesztésében végzett munkájukért.
5. Videó egy felnyitott burkolatú CT működéséről:
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CT-Rotation.ogv>
6. Az orvosi MRI kifejlesztését lehetővé tevő *mágneses magrezonancia* jelenségét *Isidor Rabi* (1898–1988) amerikai fizikus írta le 1938-ban. Ezért az eredményért Rabi 1944-ben *fizikai Nobel-díjat* kapott.

A mágneses rezonanciával történő képalkotást *Paul Lauterbur* (1929–2007) amerikai kémikus dolgozta ki 1971-ben. *Peter Mansfield* (1933–2017) angol fizikus továbbfejlesztette az MRI képalkotási technikáját, amely így elég gyorsá vált, hogy az emberi szervezet orvosi célú vizsgálatára használják. *Lauterbur* és *Mansfield* 2003-ban *fiziológiai (orvosi) Nobel-díjat* kaptak az MRI fejlesztéséhez való hozzájárulásukért.

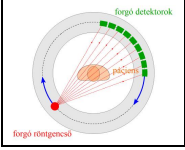
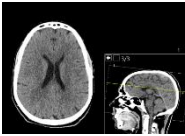
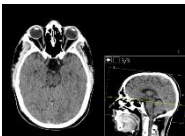

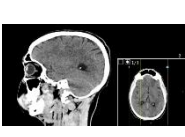
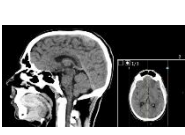
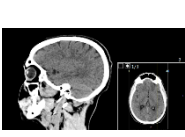


7. *Gerhard Meyer-Schwickerath* (1920–1992) német orvos 1949-ben végezte el az első olyan szemműtétet, amelynél a leváló ideghártya (retina) egyes pontjait felmelegítve és ott hegesedést létrehozva a retinát az alatta lévő szövetekhez rögzítette. A műtéthez *Meyer-Schwickerath* a hamburgi egyetem szemklinikájának tetején összegyűjtött, tükrökkel a műtőbe vezetett, fókuszált napfényt használt. Mivel a felhők miatt a műtétet csak napsütés esetén lehetett elvégezni, később xenonlámpával (speciális nagynyomású kisülési csővel) működő berendezést használtak. Ennek tervezésében *Meyer-Schwickerath* is közreműködött. Ma már az ilyen beavatkozásokat lézerekkel végzik. (*The history of photocoagulation* – *Gerhard Meyer-Schwickerath* angol nyelvű visszaemlékező írása erről az eljárásról, fényképekkel itt érhető el:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1442-9071.1989.tb00566.x>.)

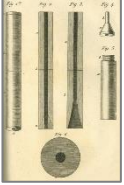

Képek jegyzéke

	Sztetoszkóp W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2023_Stetoskop.jpg
	Vérnyomásmérés higanyos vérnyomásmérővel (A „páciens” Gordon Cooper amerikai űrhajós, a Gemini-5 pilótája.) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Astronaut_L._Gordon_Cooper_Jr._has_his_blood_pressure_checked_by_Dr._Charles_A._Berry.jpg
	Digitális vérnyomásmérő (A mért vérnyomás 120/68 mmHg) © https://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1019.jpg
	Magzatról készített ultrahang felvétel W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CRL_Crown_rump_length_12_weeks_ecografia_Dr._Wolfgang_Moroder.jpg
	Nyaki verőér Doppler-ultrahangos felvétele W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ultrasound_Scan_ND_010714_0831_1419120.png
	Infravörös hőmérő (lázmérő) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1066.jpg
	Infravörös hőmérő (lázmérő) érzékelője © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1067.jpg
	Infravörös hőmérő alkalmazása repülőtéren a COVID-19 járvány idején W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Puerto_Rico_National_Guard_(49671497102).jpg

	<p>Pulzoximéter</p> <p>© https://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1068.jpg</p> <p>Videó:</p> <p>© https://youtu.be/AybaK6oT2FE?si=Eg7g9AxSWp6-Q3Nz</p>
	<p>Pulzoximéter érzékelőjének belseje</p> <p>© https://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0495.jpg</p>
	<p>Száloptikával működő endoszkóp</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flexibles_Endoskop.jpg</p>
	<p>Endoszkóp használata (1.)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bronchoscopy_nci-vol-1950-300.jpg</p>
	<p>Endoszkóp használata (2.)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:POEM_Procedure_2013.jpg</p>
	<p>Röntgenfelvétel (mindkét kézfejen hat ujjal)</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0382.jpg</p>
	<p>CT készülék felnyitott burkolattal</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/fotok/0044.png</p> <p><i>Az eredeti fotó (rajz és felirat nélkül):</i></p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Výpočetní tomograf.jpg</p>
	<p>CT készülék</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Specialists(CT).jpg</p>
	<p>A CT működési elve 1.</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0763.svg</p>

	<p>A CT működési elve 2.</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0764.svg</p>
	<p>Koponya CT felvétele (horizontális metszet 1.)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CT_of_a_normal_brain,_axial_16.png</p>
	<p>Koponya CT felvétele (horizontális metszet 2.)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CT_of_a_normal_brain,_axial_26.png</p>
	<p>Koponya CT felvétele (horizontális metszet 3.)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CT_of_a_normal_brain,_axial_35.png</p>
	<p>Koponya CT felvétele (nyílrányú metszet 1.)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CT_of_a_normal_brain,_sagittal_13.png</p>
	<p>Koponya CT felvétele (nyílrányú metszet 2.)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CT_of_a_normal_brain,_sagittal_20.png</p>
	<p>Koponya CT felvétele (nyílrányú metszet 3.)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CT_of_a_normal_brain,_sagittal_29.png</p>
	<p>Koponya CT felvétele (koronális metszet 1.)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CT_of_a_normal_brain,_coronal_12.png</p>
	<p>Koponya CT felvétele (koronális metszet 2.)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CT_of_a_normal_brain,_coronal_26.png</p>

	<p>Koponya CT felvétele (koronális metszet 3.) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CT_of_a_normal_brain,_coronal_34.png</p>
	<p>MRI készülék W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MRI_Scanner_at_Narayana_Multispeciality_Hospital,_Jaipur.jpg</p>
	<p>Koponya MRI felvétele (horizontális metszet) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MRI_Scan_General_Illustration.jpg</p>
	<p>Gamma kamerás felvétel jód-123 izotóppal W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pheochromocytoma_Scan.jpg</p>
	<p>Újszülött inkubátorban, kékfény kezelés közben W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bili_light_with_newborn.jpg</p>
	<p>Lézeres szemműtét W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Intervencion.JPG</p>
	<p>Daganatos beteg sugárkezelése (lineáris gyorsítóval) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radiation_therapy_for_cancer.jpg</p>
	<p>Prosztatában elhelyezett sugárforrások röntgenfelvételen W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brachytherapybeads.png</p>
	<p>René Laennec arcképe W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rene-Theophile-Hyacinthe_Laennec.jpg</p>

	<p>Sztetoszkóp rajza Laennec <i>De l'auscultation médiate...</i> című könyvéből</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rene-Theophile-Hyacinthe_Laennec_Drawings_stethoscope_1819.jpg</p>
	<p>René Laennec sztetoszkópja (1820)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laennecs_stethoscope,_c_1820._(9660576833).jpg</p>

Jelmagyarázat:

- ©** **Jogvédett anyag**, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.
- W** A *Wikimedia Commons*-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---